

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра теплотехніки та енергозбереження

«На правах рукопису»
УДК 697.7

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Валерій ДЕШКО
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2020 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг
теплоенергетичних систем»

на тему: Визначення за допомогою імітаційного моделювання використання енергії
сонця для підвищення рівня енергетичної ефективності гуртожитку №22 КПІ ім. Ігоря
Сікорського.

Виконав: студент II курсу, групи ОТ – 91мп
(шифр групи)

Радзівіл Богдан Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник к.т.н. доцент, Білоус І.Ю.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти:

Електротехнічна частина к.т.н., доцент Замулко А.І. _____

Стартап-проект к.т.н., доцент Шевчук Н.А. _____

Моделювання енергетичних процесів і систем к.т.н., доцент Суходуб І.О. _____

Нормоконтроль к.т.н., доцент Шкляр В.І. _____

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра Теплотехніки та енергозбереження
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг
теплоенергетичних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Валерій ДЕШКО
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Радзівілу Богдану Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Визначення за допомогою імітаційного моделювання викорис-
тання енергії сонця для підвищення рівня енергетичної ефективності гуртожитку №22
КПІ ім. Ігоря Сікорського»

науковий керівник дисертації Білоус Інна Юр'івна, к.т.н, доцент _____ ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «03» 11 2020 р. № 3199-с _____

2. Термін подання студентом дисертації 07 грудня 2020 р.

3. Об'єкт дослідження гуртожиток №22 сімейного типу КПІ ім. Ігоря Сікор-
ського

4. Вихідні дані до магістерської дисертації Загальна площа будівлі - 6396 м².
Житлова площа - 3199 м². Загальна площа скління 863 м².

5. Перелік завдань, які потрібно розробити встановлення базового рівня ене-
ргоспоживання гуртожитку; провести аналіз нормативно-правового забезпе-
чення, та законодавчого регулювання щодо впровадження промислової СЕС на
даху житлової будівлі; побудувати 3D модель сонячної станції та сонячної
геліоустановки на даху гуртожитку за допомогою програмних середовищ

PVSOL та TSOL; розрахувати вартість генерації електроенергії, згенерованої сонячною електростанцією, термін окупності інвестиційного проекту;

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:

2 аркуші формату A1, Презентація 20 слайдів.

7. Орієнтовний перелік публікацій підготувати матеріали тези доповідей до конференції «Відновлювальна енергетика XXI століття»

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електротехнічна частина	доцент Замулко А.І.		
Стартап-проект	доцент Шевчук Н.А.		
Моделювання енергетичних процесів і систем	доцент Суходуб І.О.		
Нормоконтроль	доцент Шкляр В.І.		

9. Дата видачі завдання 02.09. 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Загальні відомості про об'єкт дослідження	26.10. 2020 - 11.11. 2020	
2	Інжиніринг енергетичних систем	26.10. 2020 - 07.12. 2020	
3	Науково-дослідний інжиніринг	26.10. 2020 - 07.12. 2020	
4	Енергоменеджмент та моніторинг	26.10. 2020 - 09.11. 2020	
5	Стартап-проект	02.11. 2020 - 07.12. 2020	
6	Нормативне оформлення магістерської дисертації	30.11.2020-07.12. 2020	
7	Попередній захист	07.12.2020-12.12.2020	

Студент

(підпис)

Б.І. Радзівіл
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації _____
(підпис)

І.Ю. Білоус
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг роботи. Магістерська дисертація на тему: "Визначення за допомогою імітаційного моделювання використання енергії сонця для підвищення рівня енергетичної ефективності гуртожитку №22 КПІ ім. Ігоря Сікорського " складається із вступу, 5 розділів, висновків, переліку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 136 сторінок основного тексту, в тому числі 66 рисунки, 44 таблиць, 30 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Актуальність теми. Стрімкий розвиток суспільства, науки та техніки, який спостерігається протягом останніх десятиліть, зумовив величезний попит на енергоресурси. Вся сфера життя зосереджена на використанні електрики і з кожним днем людство все більше потребує її. Зростання необхідності в електроенергії при ресурсних і екологічних обмеженнях стає вже критичним фактором подальшого розвитку суспільних сфер життєдіяльності нашої економіки. На даному етапі розвитку енергетики все більш значуще місце посідає відновлювана, яка в подальшому взагалі може витіснити традиційну.

Метою магістерської дисертації є аналіз використання енергії сонця за допомогою програмних середовищ PVSOL та TSOL.

Відповідно до мети наукової роботи були поставлені такі завдання:

- встановлення базового рівня енергоспоживання гуртожитку;
- провести аналіз нормативно-правового забезпечення, та законодавчого регулювання щодо впровадження промислової СЕС на даху житлової будівлі;
- побудувати 3D модель сонячної станції та сонячної геліоустановки на даху гуртожитку за допомогою програмних середовищ PVSOL та TSOL;
- розрахувати вартість генерації електроенергії, згенерованої сонячною електростанцією, термін окупності інвестиційного проекту;

Об'єкт дослідження. Процес проектування сонячної електростанції (СЕС) на даху будівлі, розрахунок заходів з енергозбереження.

Предмет дослідження. Мережева сонячна станція та сонячна геліосистема на даху гуртожитку №22 КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої в науковій роботі мети і сформованих відповідно до неї завдань були використані такі методи та підходи: розрахунково-аналітичний та статистико-економічний методи, системний та комплексний підходи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в обґрунтуванні техніко-економічних доцільності встановлення дахової СЕС, що дає можливість підвищити ефективності енергозабезпечення об'єкта.

Апробація результатів роботи представлена на Всеукраїнській науково-практичній Інтернет конференція молодих вчених та студентів «Електромеханічні та інформаційні системи» та на III Науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ.

Публікації. Радзівіл Б.І., Імітаційне моделювання енергії сонця для підвищення рівня енергетичної ефективності гуртожитку сімейного типу. III Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, м. Київ; дата проведення: 26–27 листопада 2020 року. Радзівіл Б.І., Визначення базового рівня енергоспоживання гуртожитку сімейного типу. Всеукраїнська науково-практична Інтернет конференція молодих вчених та студентів «Електромеханічні та інформаційні системи» м. Київ; дата проведення: 21 квітня 2020 року.

Програмне забезпечення. Для виконання розрахунків у розділі 3 магістерської дисертації використовувалось наступне програмне забезпечення: PV*SOL2020, TSOL2018.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, сонячна електростанція, сонячні панелі, геліосистема, сонячні колектори, програмне забезпечення.

.

ABSTRACT

Structure and scope of work. Master's dissertation on the topic: "Determination with the help of simulation modeling of solar energy use to increase the energy efficiency of the dormitory №22 KPI named after Igor Sikorsky" consists of an introduction, 5 sections, conclusions, a list of sources used. The total volume of the work is 136 pages of the main text, including 66 figures, 44 tables, 30 bibliographic titles according to the list of references.

Actuality of theme. The rapid development of society, science and technology, which has been observed in recent decades, has led to a huge demand for energy resources. The whole sphere of life is focused on the use of electricity and every day humanity needs it more and more. The growing need for electricity with resource and environmental constraints is already becoming a critical factor in the further development of social spheres of life of our economy. At this stage of energy development, renewable energy is becoming increasingly important, which in the future may even replace the traditional one.

The purpose of the master's dissertation is to determine the conditions for the development of solar energy in Ukraine and the development of a project to establish an industrial SES.

In accordance with the purpose of scientific work, the following tasks were set:

- establishment of the basic level of energy consumption of the dormitory;
- to analyze the regulatory and legal support and legislative regulation on the implementation of industrial SES on the roof of a residential building;
- to build a 3D model of a solar station and a solar solar installation on the roof of the dormitory using PVSOL and TSOL software environments;
- calculate the cost of generating electricity generated by a solar power plant, the current level of "green" tariff and the payback period of the investment project;

Object of study. The process of designing a solar power plant (SES) on the roof of the building, the calculation of energy saving measures.

The subject of research. Network solar station and solar solar system on the roof of the dormitory №22 KPI. Igor Sikorsky.

Research methods. To achieve the goal set in the scientific work and the tasks formed in accordance with it, the following methods and approaches were used: calculation-analytical and statistical-economic methods, systemic and complex approaches.

The scientific novelty of the obtained results lies in the substantiation of the technical and economic feasibility of installing a roof SES, which makes it possible to increase the energy efficiency of the facility.

The practical significance of the obtained results is that the installation and operation of roof SES in the energy supply structure of the local facility allows to reduce electricity consumption and CO₂ emissions into the atmosphere.

Approbation of the results of the work was presented at the All-Ukrainian scientific-practical Internet conference of young scientists and students "Electromechanical and information systems" and at the III Scientific and Technical Conference of IEE undergraduates.

Publications. Radzivil B.I., Simulation modeling of solar energy to increase the level of energy efficiency of a family-type dormitory. III Scientific and Technical Conference of IEE undergraduates, Kyiv; date: November 26-27, 2020. Radzivil B.I., Determination of the basic level of energy consumption of a family-type dormitory. All-Ukrainian scientific-practical Internet conference of young scientists and students "Electromechanical and information systems" Kyiv; date: April 21, 2020.

Software. The following software was used to perform calculations in section 3 of the master's dissertation: PVSOL2020, TSOL2018.

Keywords: RENEWABLE ENERGY SOURCES, SOLAR POWER PLANT, SOLAR PANELS, HELIOSYSTEM, SOLAR CO-LECTORS, SOFTWARE PROVIDED.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ	11
ВСТУП.....	12
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	14
1.1 Загальний опис	14
1.2 Система електропостачання.....	15
1.3 Система теплопостачання і ГВП	15
1.4 Система водопостачання і каналізації	16
1.5 Фактичне споживання енергоресурсів.....	16
Висновки до розділу	20
2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ГУРТОЖИТКУ №22 КПІ	
ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО	21
2.1 Опис системи теплопостачання.....	21
2.2 Розрахунок потужності системи опалення.....	21
2.2.1 Розрахунок втрат теплоти через огорожувальні конструкції.....	21
2.2.2 Додаткові втрати теплоти.....	23
2.2.3 Розрахункова потужність системи опалення	23
2.3 Визначення енергопотреб на опалення, охолодження та гаряче водопостачання гуртожитку до термомодернізації за ДСТУ Б А.2.2-12:2015 ...	23
2.3.1 Опис будівлі	24
2.3.2 Зонування будівлі	24
2.3.3 Характеристики теплопередачі вентиляцією	26
2.3.4 Характеристики внутрішніх теплонадходжень.....	28
2.3.5 Характеристики сонячних теплонадходжень.....	29
2.3.6 Сумарна теплопередача та теплові надходження	33
2.3.7 Динамічні параметри	33
2.3.8 Режим охолодження.....	35
2.3.9 Енергопотреба для опалення та охолодження	36
2.3.10 Енергопотреби ГВП	40
2.3.11 Визначення класу енергоефективності будинку.....	40

2.4	Тепловізійне обстеження	41
2.5	Заходи з енергозбереження в системі теплопостачання	43
2.6	Визначення енергопотреб на опалення, охолодження та гаряче водопостачання гуртожитку після термомодернізації за ДСТУ Б А.2.2-12:2015	44
2.6.1	Характеристики теплопередачі вентиляцією	46
2.6.2	Характеристики внутрішніх теплонадходжень	48
2.6.3	Характеристики сонячних теплонадходжень	50
2.6.4	Сумарна теплопередача та теплові надходження	53
2.6.5	Динамічні параметри	54
2.6.6	Режим охолодження	55
2.6.7	Енергопотреба для опалення та охолодження	57
2.6.8	Енергопотреби ГВП	60
2.6.9	Визначення класу енергоефективності будинку	60
2.7	Дослідження системи електропостачання	61
2.7.1	Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії	61
2.7.2	Аналіз поточного технічного стану системи електропостачання	62
2.7.3	Шляхи підвищення ефективності використання системи електропостачання для забезпечення електричною енергією	63
2.7.4	Пропозиції щодо модернізації системи електропостачання об'єкту для реалізації завдань магістерської дисертації	65
3	НАУКОВО ДОСЛІДНИЙ ІНЖИНІРИНГ	69
3.1	Імітаційне моделювання сонячної електростанції в програмному середовищі PVSOL 2020	69
3.1.1	Вступ	69
3.1.2	Програмне забезпечення	69
3.1.3	Вхідні параметри моделі	70
3.1.4	Вихідні параметри	72
3.1.5	Аналіз отриманих даних	72
3.1.6	Термін окупності	96
3.2	Імітаційне моделювання енергії сонця в програмному середовищі TSOL	98

3.2.1 Вступ.....	98
3.2.2 Програмне забезпечення.....	99
3.2.3 Вхідні параметри моделі.....	99
3.2.4 Вихідні параметри моделі	104
3.2.5 Термін окупності	114
Висновки до розділу	115
4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ	116
Висновки до розділу	1158
5 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ НАПИСАННЯ МОБІЛЬНОГО	
ДОДАТКУ «ALLIANCE».....	119
Висновки до розділу	129
ВИСНОВКИ.....	131
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	1334

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ

$A_{сб}$	– площа сонячної батареї [m^2]
C	– вартість [грн..]
E	– надходження сонячної радіації [$Вт/м^2$]
I_L	– світловий струм [А];
I_{sc}	– струм короткого замикання [А]
I_{mp}	– струм у точці максимальної потужності;
P_{in}	– рівень сонячної радіації на поверхні модуля [Вт];
S	– площа поверхні [m^2]
$T_{вх}$	– температура води на вході [К];
T	– температура поверхні фотоелемента [К];
$T_{пр}$	– простий термін окупності [рік]
U_{mp}	– напруга у точці максимальної потужності;
U_{oc}	– напруга холостого ходу [В]
W	– кількість виробленої електричної енергії ФЕС [кВт·год]

СКОРОЧЕННЯ

АБ	– акумуляторна батарея;
ВДЕ	– відновлювані джерела енергії;
ГВП	– гаряче водопостачання;
ЕЕ	– електрична енергія;
КЗ	– коротке замикання;
КЕС	– конденсаційна електрична станція;
ККД	– коефіцієнт корисної дії;
ФЕС	– фотоелектрична система;

ВСТУП

Стрімкий розвиток суспільства, науки та техніки, який спостерігається протягом останніх десятиліть, зумовив величезний попит на енергоресурси. Вся сфера життя зосереджена на використанні електрики і з кожним днем людство все більше потребує її. Зростання необхідності в електроенергії при ресурсних і екологічних обмеженнях стає вже критичним фактором подальшого розвитку суспільних сфер життєдіяльності нашої економіки. На даному етапі розвитку енергетики все більш значуще місце посідає відновлювана, яка в подальшому взагалі може витіснити традиційну.

Потенціал сонячної енергії в нашій країні є достатньо високим для широкого впровадження геліосистем фото-електроенергетичного обладнання практично на всій її території. Сонячне випромінювання в Україні складає 3500-5200 МДж/м² за рік. Сезонний період для активного використання сонячної енергії у північних регіонах продовжується з квітня по вересень, а у південних з березня по жовтень, що становить 1900-2400 годин в рік. Загальне середньорічне сонячне випромінювання варіюється від 1070 кВт·год/км² у місяць в північних районах до 1400 кВт·год/км² на півдні країни [10].

Середній показник України (1 074,1 кВт·год/кВт та 12,3 %) знаходиться трохи нижче середньо європейського рівня (1 121,5 кВт·год/кВт та 12,8 %), що є досить непоганим результатом. Зокрема, ефективність роботи сонячної енергетики України є вищою ніж у Франції (1 063,5 кВт·год/кВт та 12,1 %) та Греції (923,5 кВт·год/кВт та 10,5 %), що мають кращі показники інтенсивності сонячного випромінювання ніж Україна, а також Німеччини (874,8 кВт·год/кВт та 9,99 %) – загальносвітового лідера за встановленою потужністю сонячної енергетики [10].

Такий результат ефективності роботи сонячної енергетики України обумовлений розміщенням сонячних електростанцій у південних регіонах, що мають більшу інтенсивність сонячного випромінювання ніж області центральної та північної України, а самі сонячні електростанції є потужними та сучасними об'єктами, які збудовані з використанням останніх технічних досягнень (на

01.01.20015 року в Україні діяло 98 сонячних станцій загальною встановленою потужністю 819 МВт). Отже, в подальшому в Україні доцільно розширювати використання, насамперед, невеликих сонячних електростанцій, що розміщуються на дахах та стінах будівель. Наразі прикладів успішного спорудження відповідних об'єктів надзвичайно мало. Такий розвиток забезпечить зростання енергетичної незалежності окремих регіонів та зменшення енергетичної залежності економіки України від постачання викопних паливних ресурсів з-за кордону.

Розвитком великих (десятки чи навіть сотні МВт встановленої потужності) сонячних електростанцій доцільно займатись також, але вони не повинні розміщуватись на землях, які придатні для сільськогосподарського використання. Тобто, не призводити до зменшення сільськогосподарського виробництва в Україні, оскільки цей напрям за останні декілька років є провідним у розвитку української економіки. Все це у поєднанні із сприятливим законодавством та «зеленими» настроями суспільства дасть змогу Україні залежність від викопних не відновлюваних ресурсів.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальний опис

Об'єктом дослідження є багатоповерхова житлова будівля (рис. 1.1.)

Адреса будівлі: місто Київ, вул. Металістів, 6.



Рисунок 1.1 – Гуртожиток 22, вул. Металістів 6

Будівля була побудована у 1986 році, і представляє собою гуртожиток сімейного типу для аспірантів та викладачів. Має 9 поверхів, один центральний вхід, і налічує 229 житлових кімнат.

Кімната являється житловим приміщенням в якому є одна велика кімната, санвузол, гардероб, кухня з електроплитою, коридор. Опалювальні прилади у кімнатах – чавунні секції, висотою 50см.

Майже в кожній кімнаті проживають діти дошкільного віку, а це в свою чергу має великий вплив на енерговитрати.

Загальна площа будівлі - 6396 м², при цьому житлова площа - 3199 м².

Вікна в будівлі переважно дерев'яні, але частково замінені на метало-пластикові. Загальна площа скління 863 м².

Двері центрального входу метало-пластикові, вхідні групи допоміжних виходів дерев'яні.

Дах плоский, знаходиться над будівлею. Наявне технічне приміщення, підлога якого виконана з залізобетонної панелі перекриття та вкрита цементно-піщаною стяжкою, шаром руберойду та керамзиту.

Наявне підвальне приміщення де розташовується тепловпункт, магістральні трубопроводи (зворотній і подавальний) проходять по неопалювальному технічному поверху. Теплопостачання в гуртожитку централізоване, теплоносієм являється вода.

Система освітлення місць загального користування будівлі переважно складається з люмінесцентних ламп.

В будівлі є два пасажирських ліфти.

1.2 Система електропостачання

Облік електричної енергії здійснюється за допомогою електролічильника ЕЛВІН (№6267/9448). Параметри системи електропостачання: напруга – 380 В, частота – 50 Гц, 3 фази. Від ТП до гуртожитку прокладається 4 кабелі марки АВВГ 4х150, довжина траншеї 248 метрів.

1.3 Система теплопостачання і ГВП

Теплопостачання будівлі здійснюється від ТЕЦ 5, магістраль №6. Схема приєднання об'єкту залежна. Вузол приєднання – місцевий тепловпункт (від ТК 143/17а). Згідно технічних умов на підключення до тепломереж параметри теплоносія у вузлі приєднання:

- температура теплоносія в подавальному трубопроводі - 150 °С;

- температура теплоносія в зворотному трубопроводі - 70 °С.

Облік теплової енергії передбачається вузлом обліку теплової енергії на базі тепло-лічильника СВТУ-11Т з двома витрато-мірними дільницями РУ-50, розташованими на подавальному та зворотному трубопроводах вузла теплового вводу.

Згідно договору на теплопостачання теплове навантаження об'єкта - 0,771 Гкал/год , у тому числі за видами теплоспоживання:

- опалення – 0,550 Гкал/год;
- гаряче водопостачання (середнє) – 0,221 Гкал/год;
- гаряче постачання (максимальне) – 0,531 Гкал/год.

1.4 Система водопостачання і каналізації

Водопровід виконаний з чавунних напірних труб, діаметром 100мм, сталевих електрозварних труб діаметром 325х4мм. Каналізація виконана з азбестоцементних напірних труб, діаметром 100-300 мм, чавунних водопровідних труб діаметром 200мм кл. «А». Каналізація будівлі – самоточна.

1.5 Фактичне споживання енергоресурсів

Житлова будівля споживає електричну енергію (розглядається лише електроенергія, спожита в місцях загального користування), теплову енергію та холодну воду. Розрахунок за спожиті енергоресурси здійснюється за показниками існуючих вузлів обліку теплової, електричної енергії та води за діючими тарифами.

Дані про споживання енергоресурсів у натуральній та грошовій формі за останні три роки наведено в табл. 1.1 та в табл. 1.2 відповідно.

Таблиця 1.1 – Дані про енергоспоживання впродовж 2017-2019 рр. у натуральній формі

№ п/п	Найменування енергоносія	Одиниці вимі- ру	Обсяг споживання енергоно- сія		
			2017	2018	2019
1	Теплова енергія	Гкал/рік	1472,77	1458,85	1118,6
2	Електрична енергія	кВт·год/рік	398100	394160	324101
3	Холодна вода	м ³ /рік	49116	32075	34723

Таблиця 1.2 – Дані про енергоспоживання протягом 2017-2019 рр. у грошовій формі

№ п/п	Найменування енергоносія	Обсяг сплачених коштів за споживання енергоресурсів, тис. грн.		
		2017	2018	2019
1	Теплова енергія	2038,7	1883,4	1747,8
2	Електрична енергія	344,28	354,7	291,7
3	Холодна вода	661,2	433,6	696,2

У 2019 році за спожиті енергоресурси було сплачено 2 млн. 672 тис. грн. Основну частину витрат складають витрати на теплову енергію, що вказує на необхідність в першу чергу впровадження заходів зі збереження тепла.

Для наочності споживання електричної, теплової енергії та води у грошових одиницях за 2019 рік зображено у вигляді діаграми (рис. 1.2).

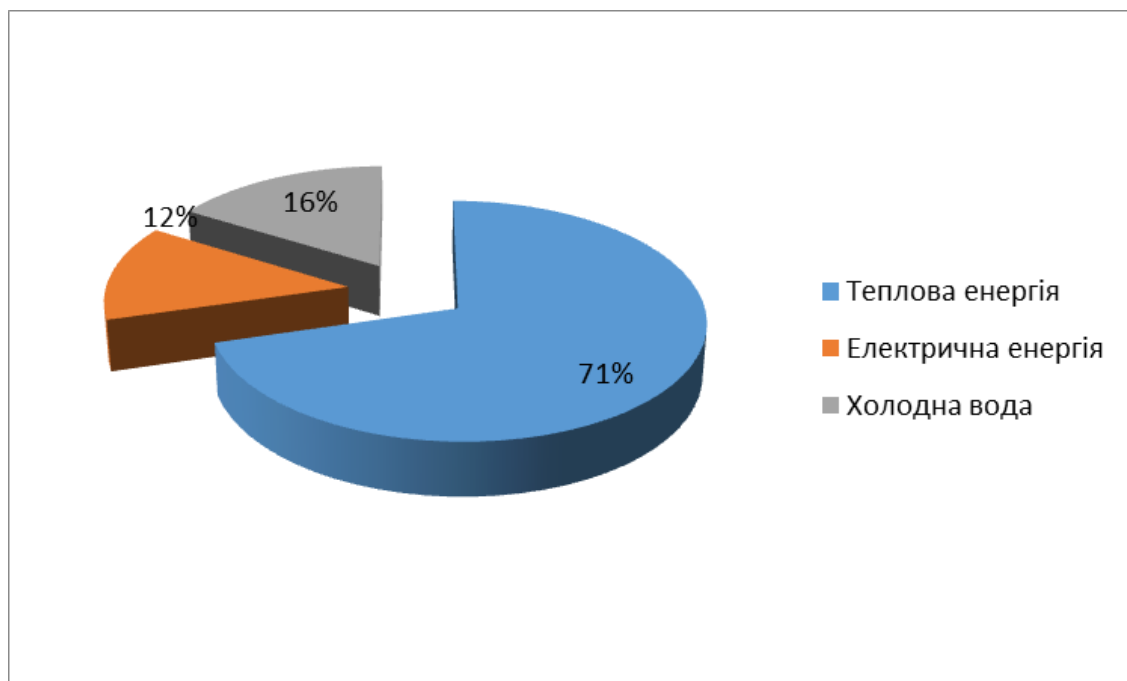


Рисунок 1.2 – Оплата за енергоресурси за 2019 рік

Динаміка споживання електричної енергії (кВт·год) за місяцями (рис. 1.3)

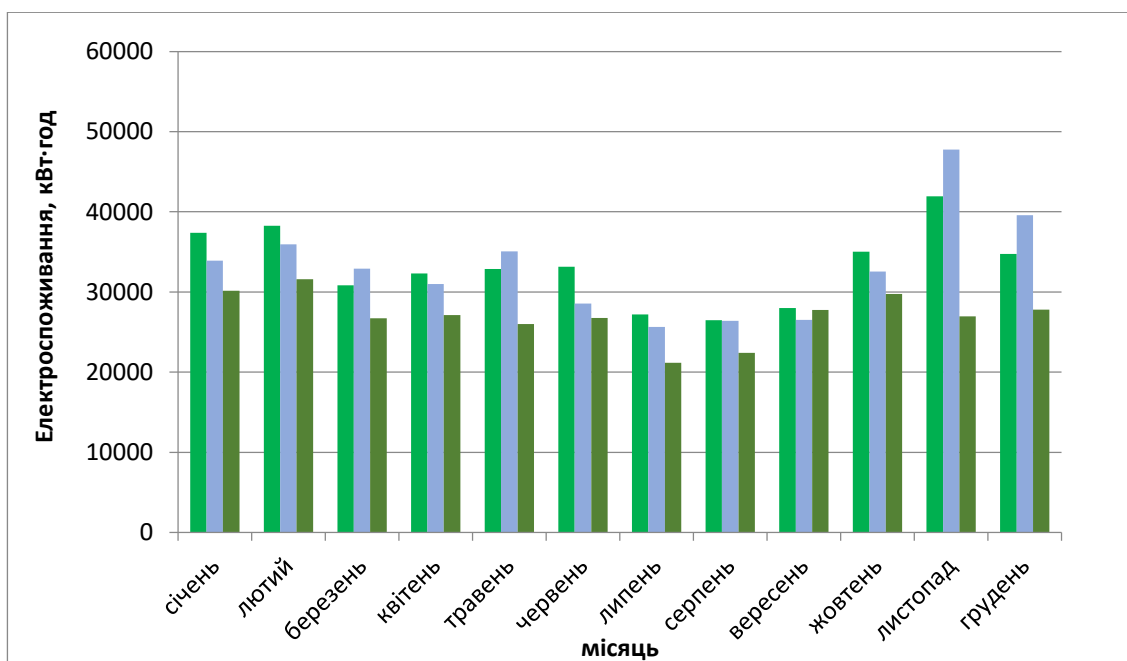


Рисунок 1.3 – Динаміка споживання електричної енергії за 2017-2019 рр.

Електрична енергія в приміщеннях загального користування використовується на забезпечення роботи ліфтового обладнання та освітлення приміщень.

Споживання електричної енергії нерівномірне протягом року, оскільки

тривалість світлового дня впродовж року різна і, відповідно, час використання штучного освітлення різний. В 2018 році частину ламп розжарювання в місцях загального користування було замінено на люмінесцентні, що дало відчутну економію електроенергії.

Динаміка споживання теплової енергії (Гкал) за місяцями (рис. 1.4).

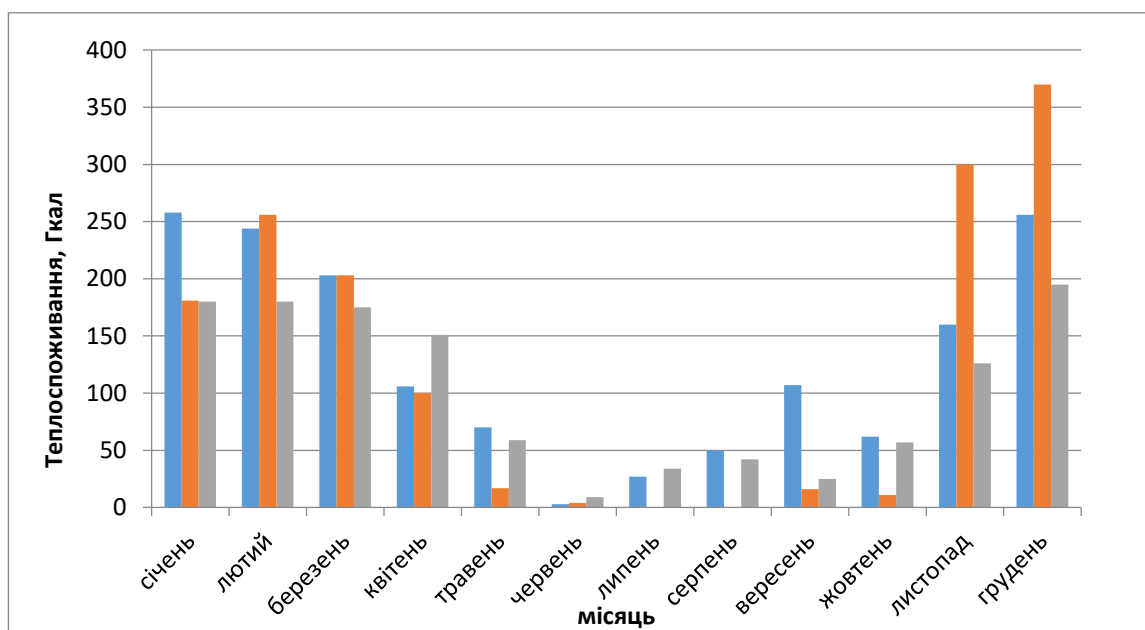


Рисунок 1.4 – Динаміка споживання теплової енергії за 2017-2019 рр.

Теплова енергія використовується для опалення будинку, відповідно споживається лише в опалювальний період, гаряче водопостачання – протягом року.

Через відсутність автоматичного регулювання, тепла енергія споживається практично рівномірно, незалежно від погодних умов. Це призводить до нераціонального використання тепла, оскільки щоб забезпечити комфортні умови у квартирах в періоди підвищення зовнішньої температури, мешканці змушені відкривати вікна, що веде до значних і не виправданих втрат теплоти.

Динаміка споживання холодної води (м³) за місяцями (рис. 1.5)

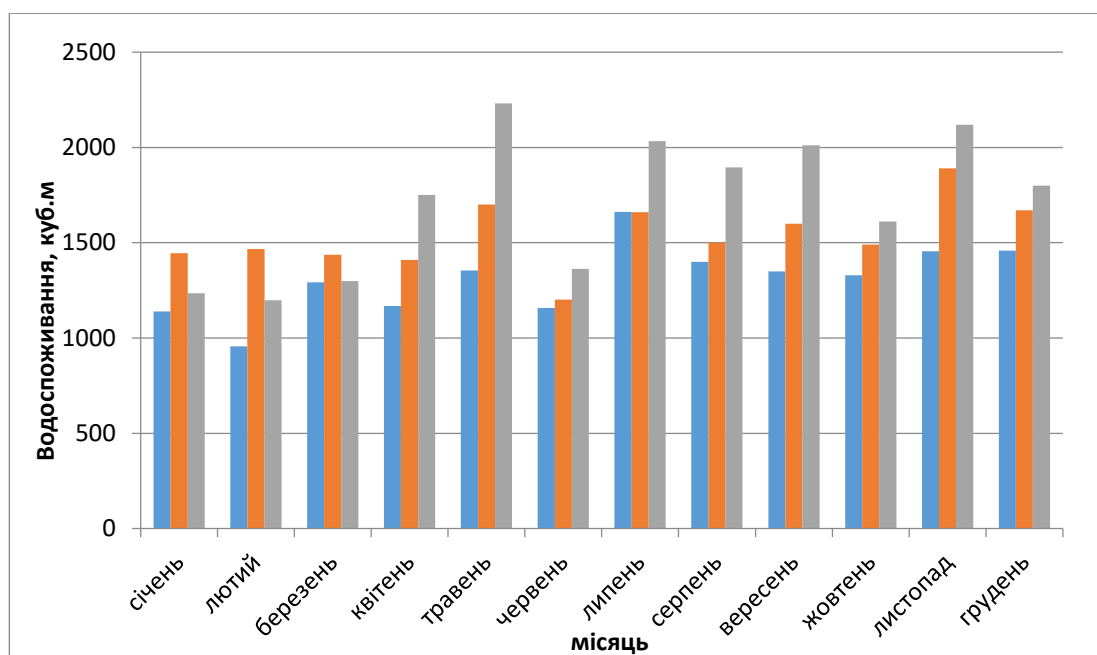


Рисунок 1.5 – Динаміка споживання холодної води за 2017-2019 рр.

Холодна вода використовується на технічні, санітарно-гігієнічні потреби, та для приготування їжі.

Висновки до розділу

В даному розділі ми розглянули гуртожиток № 22 з точки зору енергоефективності. Провели аналіз енергоспоживання за останні три роки, на основі даних отриманих з центру енергоменеджерів КПІ у натуральній та грошовій формі. На рисунку 1.2 можемо побачити що основну частину енергоспоживання займає теплова енергія, це говорить про те що перш за все потрібно модернізувати систему теплопостачання.

2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ГУРТОЖИТКУ №22 КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО

2.1 Опис системи теплопостачання

Однотрубна, залежна схема підключення системи опалення до теплових мереж. Систему опалення будівлі не було обладнано автоматичною системою регулювання теплового потоку з циркуляційним насосом. Існуюча теплоізоляція (або азбестова, або скловата покрита шаром руберойду) трубопроводів та запірної арматури системи опалення знаходиться в незадовільному стані, через значний термін її використання.

2.2 Розрахунок потужності системи опалення

Теплотехнічний розрахунок є детальним розрахунком втрат теплоти через зовнішні ОК (огороджувальні конструкції) з врахуванням втрат теплоти за рахунок інфільтрації. Розрахунок базується на врахуванні теплоізоляційних властивостей матеріалів, з яких виконаний огороджувальні конструкції, орієнтації відповідно до сторін світу [1].

Усі геометричні розміри, що використовуються у розрахунках, є фактичними та визначеними за допомогою вимірювань.

2.2.1 Розрахунок втрат теплоти через огороджувальні конструкції

Втрати теплоти, кВт, через огороджувальні конструкції будівлі визначаються за формулою:

$$Q = F \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{р.о.}}) \cdot (1 + \Sigma \beta) \cdot n \cdot K, \quad (2.1)$$

де F – площа огороджувальних конструкцій, м^2 ;

K – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$t_{\text{вн.}}$ – температура всередині приміщення, $t_{\text{вн.}} = 18^\circ\text{C}$ [1];

2.2.2 Додаткові втрати теплоти

Витрата теплоти, Bt , на підігрів зовнішнього повітря, що надходить в приміщення крізь нещільності огорож внаслідок роботи природної витяжної вентиляції, згідно з санітарними нормами знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{інф.}}^{\text{сн}} = 0,337 \cdot V \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{р.о.}}), \quad (2.2)$$

де V – вентиляований об'єм будівлі, $V = 20150 \text{ м}^3$.

Підставимо значення в формулу (2.7), маємо:

$$Q_{\text{інф.}}^{\text{сн}} = 0,337 \cdot 16125,6 \cdot (18 - (-22)) = 217373 \text{ Вт}.$$

2.2.3 Розрахункова потужність системи опалення

Визначимо розрахункову потужність системи опалення з врахуванням всіх тепловтрат та теплонадходжень за формулою:

$$Q_{\text{розр.}} = Q_{\text{тв}} = Q_{\Sigma \text{ОК}} + Q_{\text{інф.}}, \quad (2.3)$$

де $Q_{\Sigma \text{ОК}}$ – тепловтрати через огорожувальні конструкції, $Q_{\Sigma \text{ОК}} = 412,4 \text{ кВт}$;

$Q_{\text{інф.}}$ – тепловтрати на інфільтрацію, $Q_{\text{інф.}} = 217,4 \text{ кВт}$.

Підставимо відповідні значення у формулу (2.8), маємо:

$$Q_{\text{розр.}} = 412,4 + 217,4 = 629,8 \text{ кВт}.$$

2.3 Визначення енергопотреб на опалення, охолодження та гаряче водопостачання гуртожитку до термомодернізації за ДСТУ Б А.2.2-12:2015

Енергоефективність будівлі оцінюється за показниками питомих енергопотреб на опалення, охолодження та гаряче водопостачання. Значення нормативних показників надані в [9], а методика розрахунків приведена в [11].

В даному розділі я провів розрахунок енергопотреб для гуртожитку №22 сімейного типу КПІ ім. Ігоря Сікорського. Розрахунок виконано згідно з вимогами ДСТУ Б EN ISO 13790.

2.3.1 Опис будівлі

Об'єкт розрахунку – гуртожиток сімейного типу у місті Києві. Будинок побудований у 1986 році і має 9 поверхів. Під всією площею будівлі знаходиться неопалювальний підвал. Висота поверху – 3 м. Фасад головним входом орієнтований на південь. Зовнішні стіни будівлі товщиною 0,63 м виконані з силікатної цегли. Дах плоский, знаходиться над будівлею. Наявне технічне приміщення, підлога якого виконана з залізобетонної панелі перекриття та вкрита цементно-піщаною стяжкою, шаром руберойду та керамзиту.

Будівля має 229 кімнат, кожна з яких представляє собою житлове приміщення в складі яких: одна кімната; кухня з електроплитою; санвузол; гардеробну; коридор.

2.3.2 Зонування будівлі

Кондиціонована площа будівлі (сума площ двох поверхів по внутрішньому обміру, включаючи внутрішні стіни та перегородки) $A_f = 13010 \text{ м}^2$.

Кондиціонований об'єм будівлі (від підлоги до стелі) $V = 16125 \text{ м}^3$.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти теплопередачі трансмісії

№	Вид огорожувальної конструкції	A_i , м^2	R_{qmin} $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$	$U = 1 / R_{qmin}$, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$b_{tr,x,H}$	$b_{tr,x,C}$	$H_{tr,H} = H_{tr,C}$ $\text{Вт} / \text{К}$
1	Зовнішні стіни	3929	0,91	1,10	1	1	4317,58
2	Суміщене покриття	1195	1,63	0,61	1	1	733,58
3	Світлопрозорі конструкції	863	0,45	2,22	1	1	1917,78

Продовження таблиці 2.2

4	Вхідні двері	8,2	0,65	1,54	1	1	12,62
5	Перекриття над неопалювальним підвалом	1195	0,28	3,56	1	1	4252,67

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією згідно даних табл. 2.2, що визначений як для режиму опалення так і для режиму охолодження, становить:

$$H_{tr,H} = H_{tr,C} = H_D + H_g + H_U + H_A =$$

$$= 4317,58 + 733,58 + 1917,78 + 12,62 + 4252,67 = 11234,224 \text{ Вт/К} \quad (2.4)$$

Прийнято відсутність некондиціонованих об'ємів ($H_U = 0$) та суміжних будівель ($H_A = 0$).

Сумарна теплопередача трансмісією Q_{tr} , що наведена в таблиці 2.4, розрахована згідно з формулою:

$$Q_{tr} = H_{tr} (\theta_{int} - \theta_e) t, \quad (2.5)$$

де $\theta_{int} = 20^\circ$ – температура внутрішнього повітря для періоду опалення та $\theta_{int} = 26^\circ$ – для періоду охолодження;

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, $^\circ\text{C}$, наведені в таблиці 2.4;

t – тривалість місяцю, год, наведена в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Визначення теплопередачі трансмісією

Місяць	Розрахунковий параметр			Сумарна теплопередача трансмісією Q_{tr} , кВт·год, при	
	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	t , год	$H_{tr} \cdot t$	опаленні	охолодженні
Січень	-4,7	744	8358262,29	206449,08	256598,65
Лютий	-3,6	672	7549398,19	178165,80	223462,19

Продовження таблиці 2.3

Березень	1	744	8358262,29	158806,98	208956,56
Квітень	9	720	8088640,92	88975,05	137506,90
Травень	15,2	744	8358262,29	40119,66	90269,23
Червень	18,3	720	8088640,92	13750,69	62282,54
Липень	19,8	744	8358262,29	1671,65	51821,23
Серпень	19	744	8358262,29	8358,26	58507,84
Вересень	13,9	720	8088640,92	49340,71	97872,56
Жовтень	8,1	744	8358262,29	99463,32	149612,89
Листопад	1,9	720	8088640,92	146404,40	194936,25
Грудень	-2,5	744	8358262,29	188060,90	238210,48

2.3.3 Характеристики теплопередачі вентиляцією

Величина повітрообміну при вентиляції включаючи інфільтрацію прийнята на рівні мінімального значення кратності повітрообміну для тепло утилізних житлових будинків складає: $n = 0,8 \text{ год}^{-1}$.

Наявність тепло утилізаційних установок в системі вентиляції будівлі не передбачено [11].

Додаткова складова вентиляції за рахунок природного охолодження та нічної вентиляції протягом періоду не враховується [11].

Центрального попереднього підігріву та охолодження вентиляційного повітря не передбачено [11].

Сумарна теплопередача трансмісією Q_{tr} розраховується з формулою

$$Q_{ve} = H_{ve} (\theta_{int} - \theta_e) \cdot t, \quad (2.7)$$

де $\theta_{int} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – температура внутрішнього повітря для періоду опалення та $\theta_{int} = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – для періоду охолодження;

θ_e , $^{\circ}\text{C}$ та t , год – те саме, що наведено в таблиці 2.4.

Значення загального коефіцієнту теплопередачі вентиляцією розраховується за формулою

$$H_{ve} = \rho c (\sum b_{ve} q_{ve}) \quad (2.8)$$

де ρc – теплоємність повітря одиниці об'єму, дорівнює $0,33 \text{ Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^3\cdot\text{K})$;

b_{ve} – температурний поправочний коефіцієнт, прийнято $b_{ve} = 1$;

q_{ve} – усереднена за часом витрата повітря, $\text{м}^3/\text{год}$, визначається за формулою:

$$q_{ve} = n \cdot 0,9V = 0,8 \cdot 0,9 \cdot V, \quad (2.9)$$

V – кондиціонований об'єм, м^3 .

Сумарна теплопередача вентиляцією Q_{ve} , що наведена в таблиці 2.4, розрахована за формулою, яка після спрощень приймає вигляд:

$$Q_{ve} = H_{ve} (\theta_{int} - \theta_e) t = 0,33 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot V (\theta_{int} - \theta_e) t$$

$$Q_{tr} = 0,24 \cdot V (\theta_{int} - \theta_e) t. \quad (2.10)$$

Таблиця 2.4 – Визначення теплопередачі вентиляцією

Місяць	Розрахунковий параметр			Сумарна теплопередача трансмісією Q_{ve} , кВт·год, при	
	θ_e , $^{\circ}\text{C}$	t , год	$0,24 \cdot V \cdot t$	опаленні	охолодженні
Січень	-4,7	744	2879280	71118,22	88393,90
Лютий	-3,6	672	2600640	61375,10	76978,94
Березень	1	744	2879280	54706,32	71982,00
Квітень	9	720	2786400	30650,40	47368,80
Травень	15,2	744	2879280	13820,54	31096,22
Червень	18,3	720	2786400	4736,88	21455,28
Липень	19,8	744	2879280	575,86	17851,54

Продовження таблиці 2.4

Серпень	19	744	2879280	2879,28	20154,96
Вересень	13,9	720	2786400	16997,04	33715,44
Жовтень	8,1	744	2879280	34263,43	51539,11
Листопад	1,9	720	2786400	50433,84	67152,24
Грудень	-2,5	744	2879280	64783,80	82059,48

2.3.4 Характеристики внутрішніх теплонадходжень

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у будівлі Q_{int} , Вт·год, для визначеного місяця розраховують за формулою:

$$Q_{int} = (\sum \Phi_{int} A_f) t \quad (2.11)$$

де – кондиціонована площа будівлі, m^2 ; A_f

t – те саме, що наведено в таблиці 2.4 та 2.5, год.

Величини усереднених теплових потоків приймаються згідно з таблицею 2.5

Таблиця 2.5 – Теплонадходження від людей, освітлення та обладнання, значення за замовчуванням

Призначення будівлі	Графік використання, год/тиждень	Метаболічна теплота $Вт/м^2$	Освітлення $Вт/м^2$	Обладнання $Вт/м^2$
Багатоквартирні будинки, гуртожитки	112	1,8	2,0	2,0

Загальна сумарна величина усередненого теплового потоку для одноквартирного будинку згідно таблиці 2.6 з урахуванням графіку використання становить:

$$\Phi_{int} = (1,8 + 2 + 2) \cdot \left(\frac{112}{168} \right) = 3,86 \text{ Вт/м}^2 \quad (2.12)$$

Спрощена формула для розрахунку теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у будівлі має вигляд:

$$Q_{int} = 3,86 \cdot A_f \cdot t \quad (2.13)$$

Тобто, з урахуванням $A_f = 10601 \text{ м}_2$, для розрахунку прийнята формула у вигляді:

$$Q_{\text{int}} = 3,86 \cdot 13010 \cdot t$$

Результати помісячних розрахунків внутрішніх теплонадходжень наведені в таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – Внутрішні теплонадходження

Місяць	Розрахунковий параметр	Внутрішні теплонадходження вентиляцією Q_{int} , кВт·год, при	
	t, год	опаленні	охолодженні
Січень	744	37362	37363
Лютий	672	33746	33747
Березень	744	37362	37363
Квітень	720	36157	36157
Травень	744	37362	37363
Червень	720	36157	36157
Липень	744	37362	37363
Серпень	744	37362	37363
Вересень	720	36157	36157
Жовтень	744	37362	37363
Листопад	720	36157	36157
Грудень	744	37362	37363

2.3.5 Характеристики сонячних теплонадходжень

Теплонадходження від сонця до будівлі для кожного місяця Q_{sol} , Вт·год, розраховуються за формулою:

$$Q_{\text{sol}} = (\sum \Phi_{\text{sol}}) \cdot t, \quad (2.14)$$

де Φ_{sol} – усереднений за часом тепловий потік сонячного випромінювання, Вт;

t – те саме, що наведено в таблиці 2.4; 2.5 та 2.7, год.

Для прикладу прийнято теплонадходження від сонця тільки через вікна, тому методика розрахунку надається у спрощеному вигляді [9].

Сонячні теплонадходження Φ_{sol} , Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_{sol} = F_{sh} \cdot A_{sol} \cdot I_{sol} - F_r \cdot \Phi_r \quad (2.15)$$

де F_{sh} – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції. Приймається відсутність перешкод, тому $F_{sh} = 1$;

F_r та Φ_r – відповідно коефіцієнт форми та додатковий тепловий потік внаслідок випромінювання в атмосферу. Для вікон не враховуються. Приклад розрахунку теплового потоку внаслідок випромінювання для зовнішніх стін наведено у додатку Е;

A_{sol} – еквівалентна площа інсоляції поверхні вікна з даною орієнтацією, що визначається за формулою:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p} \quad (2.16)$$

де $F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів. Засобів рухомого затінення відсутні, тому $F_{sh,gl} = 1$;

g_{gl} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента, приймається рівним:

$$g_{gl} = 0,9 g_n,$$

де g_n – коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії приймається за табл. 2.7

Таблиця 2.7 – Типові значення коефіцієнта загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння для поширених типів скління

Тип скління	g_n
Одинарне скління	0,85
Подвійне скління	0,75
Подвійне скління із селективним низько-емісійним покриттям	0,67
Потрійне скління	0,70
Потрійне скління з одним селективним низько-емісійним покриттям	0,58

Світлопрозорі конструкції, що використовуються для застосування будинку – віконні та балконні блоки на основі ПВХ-профілів із застосуванням однокамерними склопакетами – для даного типу скління коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння згідно з таблицею 2.7 (подвійне скління) становить $g_n = 0,75$ [9].

F_F – частка площі обрамлення, відношення площі проекції обрамлення до загальної площі проекції застосованого елемента. За відсутністю точних даних приймається $F_F = 0,3$ [9].

Розрахункова формула для визначення сонячних теплонадходжень, що враховує наведені вище припущення, має вигляд:

$$\Phi_{sol} = A_{sol} \cdot I_{sol} = 0,9 g_n (1 - 0,3) A_{w,p} \cdot I_{sol} = 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot A_{w,p} \cdot I_{sol} = 0,42 \cdot A_{w,p} \cdot I_{sol}.$$

В формулі змінними будуть:

- $A_{w,p}$ - площі вікон за сторонами світу, приймаються за даними таблиці 2.1 для південного фасаду – $A_{w,Пд} = 432 \text{ м}^2$; східного – $A_{w,Сх} = 12,87 \text{ м}^2$; західного – $A_{w,Зх} = 12,87 \text{ м}^2$; північного - $A_{w,Пн} = 406 \text{ м}^2$
- I_{sol} – середньомісячна сонячна радіація за сторонами світу, що приймається за даними таблиці 2.8

Таблиця 2.8 – Середньомісячна сонячна радіація за сторонами світу

Місяць року	I_{sol} , Вт/м ²							
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Січень	13	14	21	38	50	40	22	14
Лютий	24	25	36	57	70	60	38	25
Березень	35	41	58	78	90	81	61	41
Квітень	39	53	77	92	92	88	73	52
Травень	56	79	104	110	101	107	99	77
Червень	67	88	111	110	96	106	105	86

Продовження таблиці 2.8

Липень	61	83	108	109	98	106	104	81
Серпень	40	65	93	107	106	106	89	63
Вересень	29	41	70	91	102	91	66	41
Жовтень	19	22	38	62	75	61	37	21
Листопад	11	12	17	30	39	32	17	12
Грудень	9	9	14	27	35	28	15	9

Результати розрахунків сонячних теплонадходжень наведені в таблиці 2.9

Таблиця 2.9 – Сонячні теплонадходження при опаленні й охолодженні

Мі- сяць року	Параметр										
	Сх		Пд		Зх		Пн		ΣΦ _{sol} , кВт	t, год	Q _{sol} , кВт·год
	12,87		432		12,87		406				
	I _{sol}	Φ _{sol}	I _{sol}	Φ _{sol}	I _{sol}	Φ _{sol}	I _{sol}	Φ _{sol}			
Сі- чень	21	127,02	50	10152	22	133	13	2480,66	12,89	744	9592,22
Лю- тий	36	217,76	70	14212	38	229	24	4579,68	19,24	672	12929,35
Бере- зень	58	350,83	90	18273	61	368	35	6678,7	25,67	744	19100,06
Кві- тень	77	465,73	92	18679	73	441	39	7441,98	27,03	720	19460,88
Тра- вень	104	629,08	101	20507	99	598	56	10685,9 2	32,42	744	24121,14
Чер- вень	111	671,42	96	19491	105	635	67	12784,9 4	33,58	720	24180,01
Ли- пень	108	653,28	98	19897	104	629	61	11640,0 2	32,82	744	24418,31
Сер- пень	93	562,54	106	21522	89	538	40	7632,8	30,26	744	22510,42
Вересень	70	423,42	102	20710	66	399	29	5533,78	27,07	720	19487,89
Жов- тень	38	229,82	75	15228	37	223	19	3625,58	19,31	744	14364,59
Лис- топад	17	102,83	39	7918	17	102	11	2099,02	10,22	720	7360,73
Гру- день	14	84,68	35	7106	15	90	9	1717,38	9,00	744	6695,40

2.3.6 Сумарна теплопередача та теплові надходження

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця сумарну теплопередачу, Q_{ht} , кВт·год, ($Q_{H,ht}$ – для режиму опалення, $Q_{C,ht}$ – для режиму охолодження) визначають за формулою:

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}, \quad (2.17)$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.11 для режиму опалення та таблиці 2.12 – охолодження [9].

Сумарні теплові надходження, Q_{gn} , кВт·год, ($Q_{H,gn}$ – для режиму опалення, $Q_{C,gn}$ – для режиму охолодження) для кожної зони будівлі для кожного місяця визначають за формулою:

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}, \quad (2.18)$$

Результати розрахунків наведені в табл. 2.11 для режиму опалення та табл. 2.12 – охолодження.

2.3.7 Динамічні параметри

Безрозмірні співвідношення надходжень і втрат теплоти знаходяться за формулою:

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \quad (2.19)$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.11.

Часова константа будівлі розраховується без урахування додаткової вентиляції від нічного та/або природнього охолодження за спрощеною формулою:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr} + H_{ve}} \quad (2.20)$$

де $H_{tr,H} = 11234,224$ Вт/К – згідно даних пункту 2.4.6;

$H_{ve} = 0,24 \cdot V = 3870$ Вт/К;

C_m - внутрішня теплоємність будівлі, Вт·год/К, розраховується за формулою:

$$C_m = C \cdot A_f, \quad (2.21)$$

де C – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі, $\text{Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, приймають згідно з табл. 2.10

Таблиця 2.10 – Національні значення для внутрішньої теплоємності

Клас	C , $\text{Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$	Деталізація
Дуже легкий	25	Каркасні будівлі зі стінами полегшеної конструкції – збірно-щитові, каркасно-засипні, каркасно-камишитові, дерев'яні тощо
Легкий	35	Будівлі зі стінами із монолітного шлакобетону, шлакоблоків, блоків з ніздрюватого бетону, черепашнику та інших дрібноштучних виробів із залізобетонними чи дерев'яними перекриттями
Середній	50	Будівлі великопанельні, великоблочні, з цегляними стінами товщиною в одну цеглу, із залізобетонними чи деревними перекриттями
Важкий	80	Капітальні будівлі з цегляними стінами товщиною (1,5-2 цеглини), із залізобетонними перекриттями
Дуже важкий	110	Особливо капітальні будівлі з кам'яними або цегляними стінами (товщиною в 2,5 - 3,5 цеглини), із залізобетонним чи металевим каркасом, із залізобетонним перекриттям

Будівля має клас «важкий» згідно з таблицею 2.10, тому внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі становить $C = 80 \text{ Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$.

$$\text{Тоді } C_m = C \cdot A_f = 80 \cdot 13010 = 1040,8 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{К}.$$

Часова константа для режиму опалення:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr} + H_{ve}} = \frac{1040,8}{11234,224 + 3870} = 68,9 \text{ год}$$

Безрозмірний числовий параметр α_H становить:

$$\alpha_H = \alpha_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} = 1 + \frac{68,9}{15} = 5,6$$

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення $\eta_{H,gn}$ розрахований для кожного місяця згідно з наступними формулами:

Якщо, $\gamma_H > 0$ та $\gamma_H \neq 0$	$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{\alpha_H}}{1 - \gamma_H^{\alpha_H+1}}$
Якщо, $\gamma_H = 0$	$\eta_{H,gn} = \frac{\alpha_H}{\alpha_H + 1}$
Якщо, $\gamma_H < 0$ та $Q_{H,gn} > 0$	$\eta_{H,gn} = 1/\gamma_H$
Якщо, $\gamma_H \leq 0$ та $Q_{H,gn} \leq 0$	$\eta_{H,gn} = 1$

Формула приймається на підставі співвідношення надходжень і втрат теплоти γ_H і числового параметра α_H .

Значення $\eta_{H,g}$ наведено в табл. 2.11.

2.3.8 Режим охолодження

Безрозмірні співвідношення надходжень і втрат теплоти знаходяться за формулою:

$$\gamma_C = \frac{Q_{C,gn}}{Q_{C,ht}} \quad (2.22)$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.12.

Часова константа будівлі розраховується без урахування додаткової вентиляції від нічного та/або природнього охолодження за спрощеною формулою:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr} + H_{ve}} \quad (2.23)$$

де $H_{tr,H} = 11234,224$ Вт/К – згідно даних пункту 2.4.6;

$H_{ve} = 0,24 \cdot V = 3860$ Вт/К;

C_m - внутрішня теплоємність будівлі, Вт·год/К, розраховується за формулою (2.21)

$$C_m = C \cdot A_f,$$

де C – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі, Вт·год/(м²·К), приймають згідно з таблицею 2.11.

Безрозмірний числовий параметр α_n становить:

$$\alpha_C = \alpha_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}} = 1 + \frac{68,9}{15} = 5,6 \quad (2.24)$$

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення $\eta_{C,gn}$ розрахований для кожного місяця згідно з наступними формулами:

Якщо, $\gamma_C > 0, \gamma_C \neq 0$ та $Q_{C,ht} > 0$	$\eta_{C,ls} = \frac{1 - \gamma_C^{-\alpha_C}}{1 - \gamma_C^{-(\alpha_C+1)}}$
Якщо, $\gamma_C > 0, \gamma_C \neq 0$ та $Q_{C,ht} \leq 0$	$\eta_{C,ls} = 1$
Якщо, $\gamma_C = 1$	$\eta_{C,ls} = \frac{\alpha_C}{\alpha_C + 1}$
Якщо, $\gamma_C < 0$	$\eta_{C,ls} = 1$

Формула приймається на підставі співвідношення надходжень і втрат теплоти γ_C і числового параметра α_C .

Значення $\eta_{C,g}$ наведено в таблиці 2.12.

2.3.9 Енергопотреба для опалення та охолодження

Енергопотреба для опалення:

Для кожного місяця енергопотребу для опалення, $Q_{H,nd}$, кВт·год, за умови постійного опалення, розраховують за формулою:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} \quad (2.25)$$

Результати розрахунків наведено в таблиці 2.11.

Енергопотреба для охолодження:

Для кожного місяця енергопотребу для охолодження, кВт·год, за умови постійного охолодження, розраховують за формулою:

$$Q_{C, nd} = Q_{C, gn} - \eta_{C, ls} Q_{C, ht} \quad (2.26)$$

Результати розрахунків наведено в таблиці 2.12.

Таблиця 2.11 – Розрахунок енергопотреби для опалення

Місяць року	Параметр								
	Q_{tr} , кВт·год	Q_{ve} , кВт·год	Q_{ht} , кВт·год	Q_{int} , кВт·год	Q_{sol} , кВт·год	Q_{gn} , кВт·год	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$, кВт·год
Січень	206449	71118	277567	37363	9592	46955	0,17	1,000	230643
Лютий	178166	61375	239541	33747	12929	46676	0,19	1,000	192869
Березень	158807	54706	213513	37363	19100	56463	0,26	1,000	157075
Квітень	88975	30650	119625	36157	19461	55618	0,46	0,993	64420
Травень	40120	13821	53940	37363	24121	61484	1,14	0,788	5517
Червень	13751	4737	18488	36157	24180	60337	3,26	0,306	17
Липень	1672	576	2248	37363	24418	61781	27,49	0,036	0
Серпень	8358	2879	11238	37363	22510	59873	5,33	0,188	0
Вересень	49341	16997	66338	36157	19488	55645	0,84	0,848	19160
Жовтень	99463	34263	133727	37363	14365	51727	0,39	0,997	82185
Листопад	146404	50434	196838	36157	7361	43518	0,22	1,000	153335
Грудень	188061	64784	252845	37363	6695	44058	0,17	1,000	208817
Всього за рік									1114140

2.3.10 Енергопотреби ГВП

Питомі річні енергопотреби ГВП прийняті згідно з таблицею 2.13 і становлять для гуртожитку 20 кВт·год/м² [9].

Таблиця 2.13 – Питомі річні енергопотреби ГВП

Тип будівлі	кВт·год/м ²
Одноквартирні будинки	15
Багатоквартирні житлові будівлі, гуртожитки	20
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси	10
Будівлі учбових закладів	10
Будівлі дитячих дошкільних закладів	15
Будівлі закладів охорони здоров'я	30
Готелі* (на 10 % більше для кожної зірочки)	25
Ресторани	60
Спортивні заклади	80
Будівлі закладів гуртової та роздрібної торгівлі	10
Будівлі культурно-розважальних закладів та дозвільних установ	10
Інші види будівель, товарні склади	1,5

Загальні енергопотреби ГВП становлять:

$$Q_{\text{DHW,need}} = 20 \text{ кВт·год/м}^2 \cdot A_f = 20 \cdot 13010 = 260200 \text{ кВт·год.}$$

Отриманий результат заноситься до таблиці 8.1

2.3.11 Визначення класу енергоефективності будинку

Проведемо розрахунок класу енергоефективності будинку в чотири кроки:

1. Питома річна енергопотреба для опалення охолодження та ГВП знаходиться за формулою:

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}) / A_f = 106,8 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2. \quad (2.27)$$

2. Нормативна максимальна питома енергопотреба згідно з таблицею 2.13 становить $EP_{max} = 83 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$
3. Різниця в % розрахункового значення питомої енергопотреби, EP , від максимально допустимого значення, EP_{max} становить:

$$[(EP - EP_{max}) / EP_{max}] \cdot 100\% = [(106,8 - 83) / 83] \cdot 100\% = 28,6\%. \quad (2.28)$$

4. Клас енергетичної ефективності, встановлений за співвідношенням за даними таблиці 7.2 – «Е».

Отже, можна зробити такі висновки:

1. Будинок має клас енергоефективності «Е», що не відповідає вимогам енергоефективності згідно з ДБН В.2.6-31.
2. Потрібно зниження показника енергоефективності до нормативного класу «С».

2.4 Тепловізійне обстеження

Проведено тепловізійну зйомку з метою виявлення місць найбільших теплових втрат.

Температура зовнішнього середовища на момент зйомки: 4 °С

Середня температура в квартирах: 18 °С; в під'їздах : 10 °С; в підвалі: 12°С.

Погодні умови: без опадів. Сонячна активність за останні 12 годин відсутня.

Знімки представлено на рисунках 2.2-2.4.

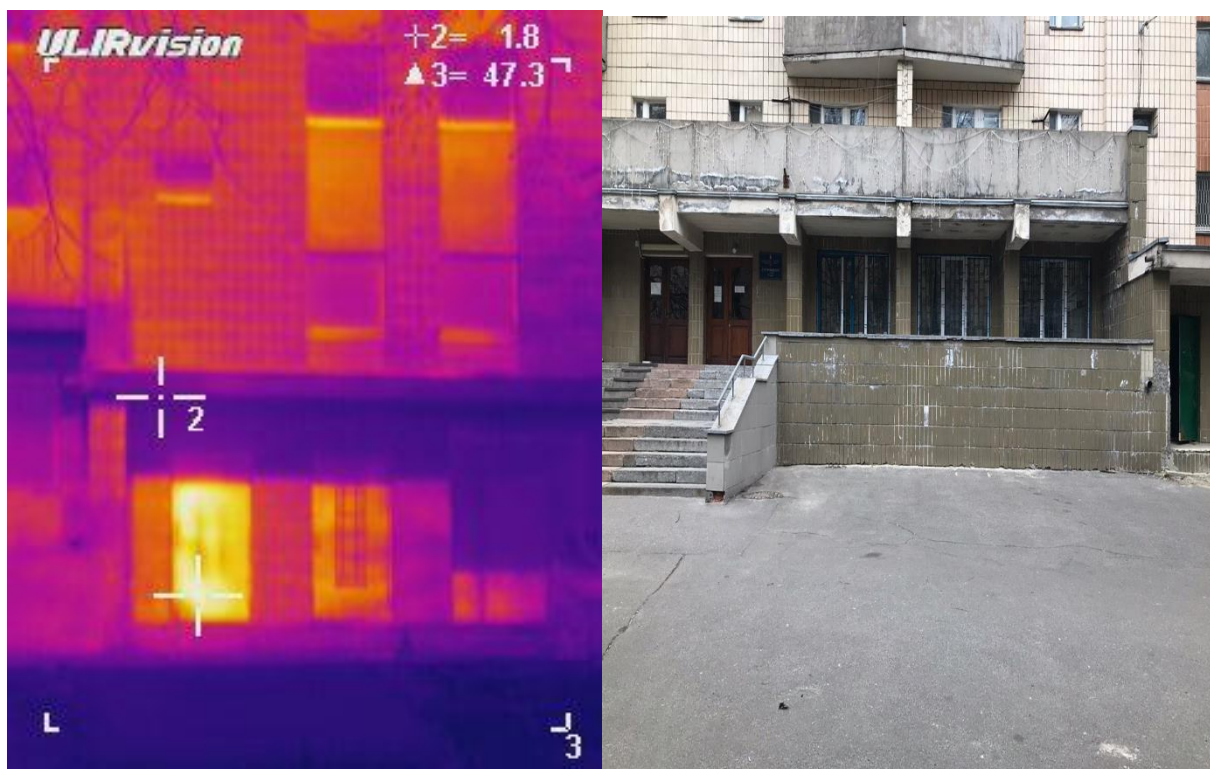


Рисунок 2.1 – Південний фасад

Опис: Спостерігаються значні втрати тепла через огорожувальні конструкції по всій площі фасаду, особливо відчутні втрати тепла через дверні огороження.

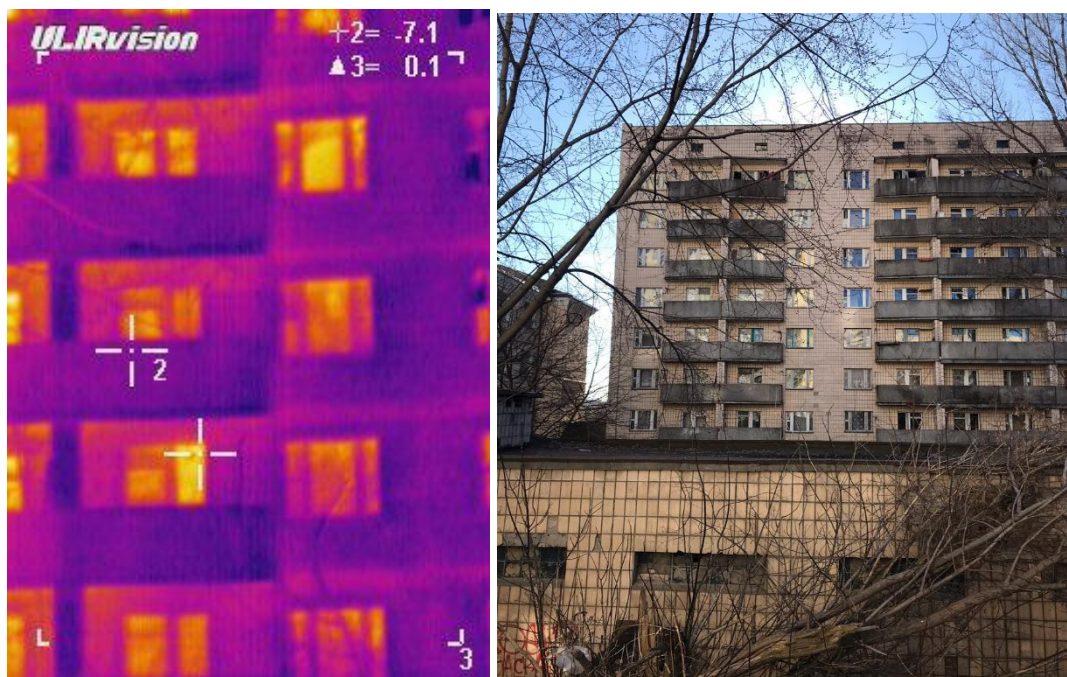


Рисунок 2.2 – Віконні конструкції

Опис: Спостерігаються значні втрати тепла через застарілі віконні конструкції.



Рисунок 2.3 – Віконні конструкції

Опис: Спостерігаються значні тепловтрати через віконні конструкції тепlopункту, та житлових кімнат.

В результаті тепловізійного обстеження огорожувальних конструкцій будівлі була отримана інформація, що дозволяє об'єктивно оцінювати «проблемні місця» зовнішньої конструкції.

Отримані результати не залежать від суб'єктивних характеристик оператора і визначаються лише параметрами використовуваного апарату.

За результатами зовнішнього тепловізійного обстеження можна стверджувати наступне:

Теплове поле фасадів нерівномірне зі значними перепадами по площині.

Виявлено значні дефектні зони, які зачно погіршують теплоізоляційні характеристики огорожувальних конструкцій.

Підвищені тепловтрати через світло-прозорі конструкції.

2.5 Заходи з енергозбереження в системі тепlopостачання

Було досліджено теплоізоляційні характеристики огорожувальних конструкцій та проведено тепловізійну зйомку, за результатами якої виявлено місця найбільших теплових втрат — застарілі, дерев'яні віконні конструкції.

На основі отриманих даних було запропоновано ряд заходів, таких як: встановлення енергоефективних вікон, утеплення зовнішніх стін і даху, заміна змішувачів, модернізація ІТП які спрямовані на досягнення економії енергетичної та грошових ресурсів, та порахований простий термін окупності. Всі дані по заходам з енергозбереження занесені в табл. 2.14

В цілому за результатами обстеження можна зробити висновок, що рівень теплового захисту огорожуючих конструкцій не відповідає нормативним вимогам.

Таблиця 2.14 – Результати розрахунків заходів з енергозбереження

№	Захід з енергозбереження	ΔQ , Гкал	ΔE , грн/рік	$T_{ок.}$, роки
1	Заміна вікон на нові енергоефективні	56,9	75450	16,78
2	Утеплення зовнішніх стін	228,88	303493	16,83
3	Утеплення даху	32,56	43181,6	33,1
4	Модернізація ІТП	346,72	575219	2,6
5	Пофасадне регулювання	151,27	200576	1,3
6	Заміна змішувачів	4,811	64951	2,21

2.6 Визначення енергопотреб на опалення, охолодження та гаряче водопостачання гуртожитку після термомодернізації за ДСТУ Б А.2.2-12:2015

Було досліджено теплоізоляційні характеристики огорожувальних конструкцій та проведено тепловізійну зйомку, за результатами якої виявлено місця найбільших теплових втрат. На основі отриманих даних було запропоновано

ряд заходів, спрямованих на досягнення економії енергетичних та грошових ресурсів, та порахований простий термін окупності.

Всі розраховані значення опору теплопередачі занесемо в таблицю 2.16

Таблиця 2.15 – Коефіцієнти теплопередачі трансмісією

№	Вид огорожувальної конструкції	$A_i, \text{м}^2$	$R_{qmin}, \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	$U = 1/R_{qmin}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$b_{tr,x,H}$	$b_{tr,x,C}$	$H_{tr,H} = H_{tr,C}, \text{Вт}/\text{К}$
1	Зовнішні стіни	3929	3,47	0,29	1	1	1132,28
2	Суміщене покриття	1195	5,43	0,18	1	1	220,07
3	Світлопрозорі конструкції	863	0,75	1,33	1	1	1150,67
4	Вхідні двері	8,2	0,65	1,54	1	1	12,62
5	Перекриття над неопалювальним підвалом	1195	3,76	0,27	1	1	317,82

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією згідно даних таблиці 2.15, що визначений як для режиму опалення так і для режиму охолодження, визначається згідно формули 2.4:

$$H_{tr,H} = H_{tr,C} = H_D + H_g + H_U + H_A = \\ = 1132,28 + 220,07 + 1150,67 + 12,62 + 317,82 = 2833,45 \text{ Вт/К}$$

Прийнято відсутність некондиціонованих об'ємів ($H_U = 0$) та суміжних будівель ($H_A = 0$).

Сумарна теплопередача трансмісією Q_{tr} , що наведена в таблиці 2.4, розрахована згідно з формулою 2.5:

$$Q_{tr} = H_{tr} (\theta_{int} - \theta_e) t ,$$

де $\theta_{int} = 20^\circ$ – температура внутрішнього повітря для періоду опалення та $\theta_{int} = 26^\circ$ – для періоду охолодження;

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, $^\circ\text{C}$, наведені в таблиці 2.4;

t – тривалість місяцю, год,

Таблиця 2.16 – Визначення теплопередачі трансмісією

Місяць	Розрахунковий параметр			Сумарна теплопередача трансмісією Q_{tr} , кВт·год, при	
	θ_e , °C	t, год	$H_{tr} \cdot t$	опаленні	охолодженні
Січень	-4,7	744	2108088	52070	64718
Лютий	-3,6	672	1904079	44936	56361
Березень	1	744	2108088	40054	52702
Квітень	9	720	2040085	22441	34681
Травень	15,2	744	2108088	10119	22767
Червень	18,3	720	2040085	3468	15709
Липень	19,8	744	2108088	422	13070
Серпень	19	744	2108088	2108	14757
Вересень	13,9	720	2040085	12445	24685
Жовтень	8,1	744	2108088	25086	37735
Листопад	1,9	720	2040085	36926	49166
Грудень	-2,5	744	2108088	47432	60081

2.6.1 Характеристики теплопередачі вентиляцією

Величина повітрообміну при вентиляції включаючи інфільтрацію прийнята на рівні мінімального значення кратності повітрообміну для одноквартирних житлових будинків складає: $n = 0,8 \text{ год}^{-1}$.

Наявність теплоутилізаційних установок в системі вентиляції будівлі не передбачено.

Додаткова складова вентиляції за рахунок природного охолодження та нічної вентиляції протягом періоду не враховується.

Центрального попереднього підігріву та охолодження вентиляційного повітря не передбачено.

Сумарна теплопередача трансмісією Q_{tr} розраховується з формулою 2.7:

$$Q_{ve} = H_{ve} (\theta_{int} - \theta_e) \cdot t,$$

де $\theta_{int} = 20^\circ\text{C}$ – температура внутрішнього повітря для періоду опалення та $\theta_{int} = 26^\circ\text{C}$ – для періоду охолодження;

θ_e . $^\circ\text{C}$ та t , год – те саме, що наведено в таблиці 2.4.

Значення загального коефіцієнту теплопередачі вентиляцією розраховується за формулою 2.8:

$$H_{ve} = \rho c \left(\sum b_{ve} q_{ve} \right)$$

де ρc – теплоємність повітря одиниці об'єму, дорівнює $0,33 \text{ Вт} \cdot \text{год} / (\text{м}^3 \cdot \text{K})$;

b_{ve} – температурний поправочний коефіцієнт, прийнято $b_{ve} = 1$;

q_{ve} – усереднена за часом витрата повітря, $\text{м}^3/\text{год}$, визначається за формулою 2.9:

$$q_{ve} = n \cdot 0,9V = 0,8 \cdot 0,9 \cdot V.$$

V – кондиціонований об'єм, м^3 .

Сумарна теплопередача вентиляцією Q_{ve} , що наведена в таблиці 2.18, розрахована за формулою, яка після спрощень приймає вигляд:

$$Q_{ve} = H_{ve} (\theta_{int} - \theta_e) t = 0,33 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot V (\theta_{int} - \theta_e) t \quad Q_{tr} = 0,24 \cdot V (\theta_{int} - \theta_e) t.$$

Таблиця 2.17 – Визначення теплопередачі вентиляцією

Місяць	Розрахунковий параметр			Сумарна теплопередача трансмісією Q_{ve} , кВт·год, при	
	θ_e , °C	t, год	$0,24 \cdot V \cdot t$	опаленні	охолодженні
Січень	-4,7	744	2879280	71118,22	88393,90
Лютий	-3,6	672	2600640	61375,10	76978,94
Березень	1	744	2879280	54706,32	71982,00
Квітень	9	720	2786400	30650,40	47368,80
Травень	15,2	744	2879280	13820,54	31096,22
Червень	18,3	720	2786400	4736,88	21455,28
Липень	19,8	744	2879280	575,86	17851,54
Серпень	19	744	2879280	2879,28	20154,96
Вересень	13,9	720	2786400	16997,04	33715,44
Жовтень	8,1	744	2879280	34263,43	51539,11
Листопад	1,9	720	2786400	50433,84	67152,24
Грудень	-2,5	744	2879280	64783,80	82059,48

2.6.2 Характеристики внутрішніх теплонадходжень

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у будівлі Q_{int} , Вт·год, для визначеного місяця розраховують за формулою 2.11:

$$Q_{int} = \left(\sum \Phi_{int} A_f \right) t$$

де – кондиціонована площа будівлі, м²; A_f

t – те саме, що наведено в таблиці 2.4 та 2.5, год.

Величини усереднених теплових потоків приймаються згідно з таблицею 2.19

Таблиця 2.18 – Теплонадходження від людей, освітлення та обладнання, значення за замовчуванням [9].

Призначення будівлі	Графік використання, год/тиждень	Метаболічна теплота Вт/м ²	Освітлення Вт/м ²	Обладнання Вт/м ²
Багатоквартирні будинки, гуртожитки	112	1,8	2,0	2,0

Загальна сумарна величина усередненого теплового потоку для одноквартирного будинку згідно таблиці 2.6 з урахуванням графіку використання становить:

$$\Phi_{\text{int}} = (1,8 + 2 + 2) \cdot \left(\frac{112}{168} \right) = 3,86 \text{ Вт/м}^2$$

Спрощена формула для розрахунку теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у будівлі має вигляд:

$$Q_{\text{int}} = 3,86 \cdot A_f \cdot t$$

Тобто, з урахуванням $A_f = 10601 \text{ м}^2$, для розрахунку прийнята формула у вигляді:

$$Q_{\text{int}} = 3,86 \cdot 13010 \cdot t$$

Результати помісячних розрахунків внутрішніх теплонадходжень наведені в таблиці 2.19

Таблиця 2.19 – Внутрішні теплонадходження

Місяць	Розрахунковий параметр	Внутрішні теплонадходження вентиляцією Q_{int} , кВт·год, при	
	t, год	опаленні	охолодженні
Січень	744	37334	37334
Лютий	672	33721	33721
Березень	744	37334	37334
Квітень	720	36130	36130

Продовження таблиці 2.19

Травень	744	37334	37334
Червень	720	36130	36130
Липень	744	37334	37334
Серпень	744	37334	37334
Вересень	720	36130	36130
Жовтень	744	37334	37334
Листопад	720	36130	36130
Грудень	744	37334	37334

2.6.3 Характеристики сонячних теплонадходжень

Теплонадходження від сонця до будівлі для кожного місяця Q_{sol} , Вт·год, розраховуються за формулою 2.14:

$$Q_{sol} = \left(\sum \Phi_{sol} \right) \cdot t$$

де Φ_{sol} – усереднений за часом тепловий потік сонячного випромінювання, Вт;

t – те саме, що наведено в таблиці 2.4; 2.5 та 2.7, год.

Для прикладу прийнято теплонадходження від сонця тільки через вікна, тому методика розрахунку надається у спрощеному вигляді.

Сонячні теплонадходження Φ_{sol} , Вт, визначають за формулою 2.15:

$$\Phi_{sol} = F_{sh} \cdot A_{sol} \cdot I_{sol} - F_r \cdot \Phi_r$$

де F_{sh} – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції. Приймається відсутність перешкод, тому $F_{sh} = 1$ [9];

F_r та Φ_r – відповідно коефіцієнт форми та додатковий тепловий потік внаслідок випромінювання в атмосферу. Для вікон не враховуються. Приклад розрахунку теплового потоку внаслідок випромінювання для зовнішніх стін [9];

A_{sol} – еквівалентна площа інсоляції поверхні вікна з даною орієнтацією, що визначається за формулою 2.16:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p}$$

де $F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів. Засобів рухомого затінення відсутні, тому $F_{sh,gl}=1$ [9];

g_{gl} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента, приймається рівним:

$$g_{gl} = 0,9g_n,$$

де g_n – коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії приймається за таблицею 2.20

Таблиця 2.20 – Типові значення коефіцієнта загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння для поширених типів скління

Тип скління	g_n
Одинарне скління	0,85
Подвійне скління	0,75
Подвійне скління із селективним низько-емісійним покриттям	0,67
Потрійне скління	0,70
Потрійне скління з одним селективним низько-емісійним покриттям	0,58
Потрійне скління з двома селективними низько-емісійними покриттями	0,50
Подвійне скління з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,90
Потрійне скління з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,83
Одинарне скління	0,85

Світлопрозорі конструкції, що використовуються для застосування будинку – віконні та балконні блоки на основі ПВХ-профілів із застосуванням однокамерними склопакетами – для даного типу скління коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння згідно з таблицею 2.8 (подвійне скління) становить $g_n = 0,75$ [9]..

F_F – частка площі обрамлення, відношення площі проекції обрамлення до загальної площі проекції застосованого елемента. За відсутністю точних даних приймається $F_F = 0,3$ [9]..

Розрахункова формула для визначення сонячних теплонадходжень, що враховує наведені вище припущення, має вигляд:

$$\Phi_{\text{sol}} = A_{\text{sol}} \cdot I_{\text{sol}} = 0,9 g_n (1 - 0,3) A_{\text{w,p}} \cdot I_{\text{sol}} = 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot A_{\text{w,p}} \cdot I_{\text{sol}} = 0,42 \cdot A_{\text{w,p}} \cdot I_{\text{sol}}.$$

В формулі змінними будуть:

- $A_{\text{w,p}}$ - площі вікон за сторонами світу, приймаються за даними таблиці 2.1 для південного фасаду – $A_{\text{w,Пд}} = 432 \text{ м}^2$; східного – $A_{\text{w,Сх}} = 12,87 \text{ м}^2$; західного – $A_{\text{w,Зх}} = 12,87 \text{ м}^2$; північного - $A_{\text{w,Пн}} = 406 \text{ м}^2$
- I_{sol} – середньомісячна сонячна радіація за сторонами світу, що приймається за даними таблиці 2.21

Таблиця 2.21 – Середньомісячна сонячна радіація за сторонами світу

Місяць року	I_{sol} , Вт/м ²							
	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх	Пд	Пд-Зх	Зх	Пн-Зх
Січень	13	14	21	38	50	40	22	14
Лютий	24	25	36	57	70	60	38	25
Березень	35	41	58	78	90	81	61	41
Квітень	39	53	77	92	92	88	73	52
Травень	56	79	104	110	101	107	99	77
Червень	67	88	111	110	96	106	105	86
Липень	61	83	108	109	98	106	104	81
Серпень	40	65	93	107	106	106	89	63
Вересень	29	41	70	91	102	91	66	41
Жовтень	19	22	38	62	75	61	37	21
Листопад	11	12	17	30	39	32	17	12
Грудень	9	9	14	27	35	28	15	9

Результати розрахунків сонячних теплонадходжень наведені в таблиці 2.22

Таблиця 2.22 – Сонячні теплонадходження при опаленні й охолодженні

	Параметр										
	Cх		Пд		Зх		Пн		ΣΦsol , кВт	t, год	Qsol, кВт·год
	12,87		432		12,87		406				
	Isol	Φsol	Isol	Φsol	Isol	Φsol	Iso l	Φsol			
I	21	127,02	50	10152	22	133,07	13	2480,66	12,89	744	9592,22
II	36	217,76	70	14212,8	38	229,85	24	4579,68	19,24	672	12929,35
III	58	350,83	90	18273,6	61	368,98	35	6678,7	25,67	744	19100,06
IV	77	465,76	92	18679,7	73	441,56	39	7441,98	27,03	720	19460,88
V	104	629,08	101	20507	99	598,84	56	10685,92	32,42	744	24121,14
VI	111	671,42	96	19491,8	105	635,13	67	12784,94	33,58	720	24180,01
VI I	108	653,28	98	19897,9	104	629,08	61	11640,02	32,82	744	24418,31
VI II	93	562,54	106	21522,2	89	538,35	40	7632,8	30,26	744	22510,42
IX	70	423,42	102	20710,1	66	399,22	29	5533,78	27,07	720	19487,89
X	38	229,85	75	15228	37	223,80	19	3625,58	19,31	744	14364,59
XI	17	102,83	39	7918,56	17	102,83	11	2099,02	10,22	720	7360,73
XI I	14	84,684	35	7106,4	15	90,73	9	1717,38	9,00	744	6695,40

2.6.4 Сумарна теплопередача та теплові надходження

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця сумарну теплопередачу, Q_{ht} , кВт·год, ($Q_{H,ht}$ – для режиму опалення, $Q_{C,ht}$ – для режиму охолодження) визначають за формулою 2.17:

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.24 для режиму опалення та таблиці 2.25 – охолодження.

Сумарні теплові надходження, Q_{gn} , кВт·год, ($Q_{H,gn}$ – для режиму опалення, $Q_{C,gn}$ – для режиму охолодження) для кожної зони будівлі для кожного місяця визначають за формулою 2.18:

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.24 для режиму опалення та таблиці 2.25 – охолодження.

2.6.5 Динамічні параметри

Безрозмірні співвідношення надходжень і втрат теплоти знаходяться за формулою 2.19:

$$\gamma_H = \frac{Q_{H, gn}}{Q_{H, ht}}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.24.

Часова константа будівлі розраховується без урахування додаткової вентиляції від нічного та/або природнього охолодження за спрощеною формулою:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr} + H_{ve}}$$

де $H_{tr, H} = 2833,4$ Вт/К – згідно даних пункту 2.4.6;

$H_{ve} = 0,24 \cdot V = 3870$ Вт/К;

C_m - внутрішня теплоємність будівлі, Вт·год/К, розраховується за формулою:

$$C_m = C \cdot A f,$$

де C – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі, Вт·год/(м²·К), приймають згідно з таблицею 2.23

Таблиця 2.23 – Національні значення для внутрішньої теплоємності

Клас	C , Вт·год/(м²·К)	Деталізація
Дуже легкий	25	Каркасні будівлі зі стінами полегшеної конструкції – збірно-щитові, каркасно-засипні, каркасно-камишитові, дерев'яні тощо
Легкий	35	Будівлі зі стінами із монолітного шлакобетону, шлакоблоків, блоків з ніздрюватого бетону, черепашнику та інших дрібноштучних виробів із залізобетонними чи дерев'яними перекриттями
Середній	50	Будівлі великопанельні, великоблочні, з цегляними стінами товщиною в одну цеглу, із залізобетонними чи деревними перекриттями
Важкий	80	Капітальні будівлі з цегляними стінами товщиною (1,5-2 цеглини), із залізобетонними перекриттями

Будівля має клас «важкий» згідно з таблицею 2.23, тому внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі становить $C = 80 \text{ Вт} \cdot \text{год} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

$$\text{Тоді } C_m = C \cdot Af = 80 \cdot 13010 = 1040,8 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{К}.$$

Часова константа для режиму опалення:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr} + H_{ve}} = \frac{1040,8}{2833,45 + 3870} = 155,1 \text{ год}$$

Безрозмірний числовий параметр α_H становить:

$$\alpha_H = \alpha_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} = 1 + \frac{155,1}{15} = 11,34$$

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення $\eta_{H,gn}$ розрахований для кожного місяця згідно з наступними формулами:

Якщо, $\gamma_H > 0$ та $\gamma_H \neq 0$	$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{\alpha_H}}{1 - \gamma_H^{\alpha_H + 1}}$
Якщо, $\gamma_H = 0$	$\eta_{H,gn} = \frac{\alpha_H}{\alpha_H + 1}$
Якщо, $\gamma_H < 0$ та $Q_{H,gn} > 0$	$\eta_{H,gn} = 1/\gamma_H$
Якщо, $\gamma_H \leq 0$ та $Q_{H,gn} \leq 0$	$\eta_{H,gn} = 1$

Формула приймається на підставі співвідношення надходжень і втрат теплоти γ_H і числового параметра α_H .

Значення $\eta_{H,g}$ наведено в таблиці 2.24

2.6.6 Режим охолодження

Безрозмірні співвідношення надходжень і втрат теплоти знаходяться за формулою 2.22:

$$\gamma_C = \frac{Q_{C, gn}}{Q_{C, ht}}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.25.

Часова константа будівлі розраховується без урахування додаткової вентиляції від нічного та/або природнього охолодження за спрощеною формулою 2.23:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr} + H_{ve}}$$

де $H_{tr, H} = 2833,4$ Вт/К – згідно даних пункту 2.4.6;

$H_{ve} = 0,24 \cdot V = 3860$ Вт/К;

C_m - внутрішня теплоємність будівлі, Вт·год/К, розраховується за формулою:

$$C_m = C \cdot A_f,$$

де C – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі, Вт·год/(м²·К).

Безрозмірний числовий параметр α_C становить:

$$\alpha_C = \alpha_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}} = 1 + \frac{155,14}{15} = 11,34$$

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення $\eta_{C,gn}$ розрахований для кожного місяця згідно з наступними формулами:

Якщо, $\gamma_C > 0, \gamma_C \neq 0$ та $Q_{C,ht} > 0$	$\eta_{C,ls} = \frac{1 - \gamma_C^{-\alpha_C}}{1 - \gamma_C^{-(\alpha_C+1)}}$
Якщо, $\gamma_C > 0, \gamma_C \neq 0$ та $Q_{C,ht} \leq 0$	$\eta_{C,ls} = 1$
Якщо, $\gamma_C = 1$	$\eta_{C,ls} = \frac{\alpha_C}{\alpha_C + 1}$
Якщо, $\gamma_C < 0$	$\eta_{C,ls} = 1$

Формула приймається на підставі співвідношення надходжень і втрат теплоти γ_C і числового параметра α_C .

Значення $\eta_{c,g}$ наведено в таблиці 2.24

2.6.7 Енергопотреба для опалення та охолодження

Енергопотреба для опалення

Для кожного місяця енергопотребу для опалення, $Q_{H,nd}$, кВт·год, за умови постійного опалення, розраховують за формулою 2.25:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

Результати розрахунків наведено в таблиці 2.24.

Енергопотреба для охолодження

Для кожного місяця енергопотребу для охолодження, кВт·год, за умови постійного охолодження, розраховують за формулою 2.26:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht}$$

Результати розрахунків наведено в таблиці 2.25

2.6.8 Енергопотреби ГВП

Питомі річні енергопотреби ГВП прийняті згідно з таблицею 2.27 і становлять для гуртожитку 20 кВт·год/м².

Таблиця 2.26 – Питомі річні енергопотреби ГВП

Тип будівлі	кВт·год/м ²
Одноквартирні будинки	15
Багатоквартирні житлові будівлі, гуртожитки	20
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси	10
Будівлі учбових закладів	10
Будівлі дитячих дошкільних закладів	15
Будівлі закладів охорони здоров'я	30
Готелі* (на 10 % більше для кожної зірочки)	25
Ресторани	60
Спортивні заклади	80
Будівлі закладів гуртової та роздрібної торгівлі	10
Будівлі культурно-розважальних закладів та дозвілних установ	10
Інші види будівель, товарні склади	1,5

Загальні енергопотреби ГВП становлять:

$$Q_{\text{DHW,need}} = 20 \text{ кВт·год/м}^2 \cdot A_f = 20 \cdot 13010 = 260200 \text{ кВт·год.}$$

2.6.9 Визначення класу енергоефективності будинку

Питома річна енергопотреба для опалення охолодження та ГВП знаходиться за формулою 2.27:

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}) / A_f = 50,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2.$$

Нормативна максимальна питома енергопотреба згідно з таблицею 2.26 становить $EP_{max} = 83 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$

Різниця в % розрахункового значення питомої енергопотреби, EP , від максимально допустимого значення, EP_{max} становить:

$$[(EP - EP_{max}) / EP_{max}] \cdot 100\% = [(50,1 - 83) / 83] \cdot 100\% = -39,65\%.$$

Клас енергетичної ефективності, встановлений за співвідношенням за даними таблиці 7.2 – «В».

2.7 Дослідження системи електропостачання

2.7.1 Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії

Український ринок електричної енергії формується згідно до ЗУ «Про ринок електричної енергії». До впровадження закону постачання та розподіл електричної енергії забезпечувалося однією компанією, відтепер, з 01.01.2019, постачання електричної енергії здійснює постачальник електроенергії, а діяльність з розподілу електроенергії передана оператору системи розподілу (ОСР).

Державне підприємство «Оператор ринку» утворене 18 червня 2019 року у відповідності до Закону України «Про ринок електричної енергії». Підприємство відповідає за організацію купівлі-продажу електричної енергії на ринку «на добу наперед» та внутрішньодобовому ринку, допомагає забезпечити баланс між попитом та пропозицією на ринку електричної енергії.

На ринку «на добу наперед» купівля-продаж електроенергії здійснюється на наступну добу за днем проведення торгів. Ціна на цьому сегменті ринку визначається за принципом граничного ціноутворення із забезпеченням мінімізації ціни та максимізації обсягів торгівлі. Жоден учасник не бачить заявлені ціни та обсяги купівлі/продажу електричної енергії іншими учасниками. Така технологія торгів на РДН сприяє розвитку конкуренції [15].

На внутрішньодобовому ринку купівля-продаж електроенергії здійснюється безперервно після завершення торгів на ринку «на добу наперед» та впро-

довж доби фізичного постачання електроенергії. Цей сегмент ринку дає змогу учасникам ринку скорегувати свої торгівельні позиції та працює за принципом «на кожен товар є свій покупець». Тобто продавці та покупці заявляють обсяги та ціни, за якими бажають продати/купити електроенергію, і чекають свого контрагента [16].

«Оператор ринку» працює прозоро з дотриманням принципів вільного ціноутворення та оперативно здійснює повні розрахунки з учасниками ринку. Торгівлі електроенергією проводяться 24/7 в автоматичному режимі, без будь-якого ручного управління процесом [15].

Забезпечення житлових будинків у Києві електричною енергією здійснюється оператором системи розподілу ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі». Приєднання нових клієнтів до електромережі проводиться відповідно до Постанови НКРЕКП від 14.03.2018 №310 «Про затвердження Кодексу системи розподілу» [16].

Альтернативним постачальником електричної енергії для міста Києва може стати постачальник «останньої надії» (ПОН). Постачальником «останньої надії» в період з 1 січня 2019 року до 1 січня 2021 року визначено Державне підприємство зовнішньоекономічної діяльності «Укрінтеренерго» [16].

2.7.2 Аналіз поточного технічного стану системи електропостачання

Опис схеми зовнішнього електропостачання об'єкта

Електропостачання гуртожитку, що знаходиться за адресою м. Київ, вул. Металістів 6 організовано з боку ТП №640. ТП знаходиться поза територією житлового будинку. Живлення здійснюється від двох трансформаторів ТП. Живлення від ТП до будівлі здійснюється двома кабелями АВВГ (4×150), прокладеними у землі, довжиною 248 м.

Межа балансової належності між будівлею та постачальною організацією проходить на підстанції. Експлуатаційна відповідальність за технічне обслуговування та ремонт ТП належить енергопостачальній організації.

Відповідно до класифікації, за ступенем надійності електропостачання гуртожиток належить до другої категорії надійності. Управління освітленням здійснюється вимикачами за місцем їх розташування.

Опис схеми внутрішнього електропостачання об'єкта

Живлення об'єкту здійснюється через ввідно розподільний пристрій, де стоять два лічильники технічного обліку. Один лічильник являється технічним обліком для житлових кімнат, інший для освітлення та силового обладнання. З лічильників кабельна лінія через дах розводиться на 7 стояків до щитових. З щитової розгалуження на кімнати, де стоять технічні лічильники на кожную кімнату. До кімнати встановлені ввідні автоматичні пристрої та групові автомати. Управління освітленням в місцях загального користування здійснюється автоматами в щитових.

Плату за електроенергію мешканці платять за показами лічильників встановлених на щитових, а вся інша спожита електроенергія в гуртожитку включається до квартплати.

Облік споживання електроенергії

Облік споживання електричної енергії будинком проводиться за допомогою загально-будинкового комунального лічильника електроенергії, а також персональних по-кімнатних лічильників жильців, яких налічується 175.

Тип, конструкція, модель та виробник по-кімнатних лічильників є персональним вибором мешканцями для кожної кімнати і жильці самостійно проводили заміну застарілих приладів обліку.

Однозонний лічильник трьохфазного типу для обліку загального споживання електроенергії об'єктом NIK 2301 AP2 (5-60A, 3x220/380V) розміщений в підвалі у технічному приміщенні.

2.7.3 Шляхи підвищення ефективності використання системи електропостачання для забезпечення електричною енергією

Будівля була побудована у 1986 році. На сьогоднішній день стан електропроводки у будинку незадовільному, оскільки у кімнатах все більше нових, сучасних електроприладів, і навантаження на електропроводку, в порівнянні з тими, які були актуальними на момент побудови будинку, збільшилися в декілька разів. Також термін експлуатації електропроводки приблизно 30 років, потім ізоляція починає руйнуватися і це може стати причиною загоряння. Тому пропонується провести повну її модернізацію.

Існуючі електричні плити для виходу на робочий режим витрачають багато часу та електричної енергії, тому пропонується замінити їх на нові, енергозощаджувальні.

Аналіз річного споживання електроенергії показав, що одним з найбільших споживачів гуртожитку є електродвигуни ліфтів, що робить підвищення їх енергоефективності пріоритетним заходом з енергозбереження для даного будинку. Найкращим варіантом буде замінити старі електродвигуни ліфтів на сучасніші, це приведе до зменшення електроспоживання, та навантаження на систему електропостачання гуртожитку.

Використання сучасних енергоефективних систем електричного освітлення також може добре вплинути на систему електропостачання. Модернізація освітлення місць загального користування шляхом застосування світлодіодних світильників, датчиків руху та фотореле може зменшити річне електроспоживання майже у 2 рази.

Також широкої популярності набирає система «розумний дім», яка активно використовується в Європі. Вона передбачає використання сучасних дистанційних автоматичних пристроїв, датчиків освітленості приміщення, датчиків руху тощо. Завдяки такій системі витрати на електроенергію можуть знизитися в 8-10 разів. На жаль, така система вимагає чималих початкових вкладень, але в довгостроковій перспективі ці інвестиції повністю окупаються.

Важливим заходом є регулярна робота з мешканцями щодо роз'яснення вимог енергоефективності та способи економії електрики, спрямована на стимулювання їх до переходу на енергозберігаючі прилади, наприклад, на енергоз-

берігаючи світлодіодні лампи або побутову техніку з класом споживання A+, A++. Завдяки цьому економія електроенергії в кінці місяця буде очевидна. У порівнянні з приладами більш низького класу енергоспоживання, вони споживають електрики на 30-40% менше.

2.7.4 Пропозиції щодо модернізації системи електропостачання об'єкту для реалізації завдань магістерської дисертації

Завдання магістерської дисертації полягає у застосуванні динамічного енергетичного моделювання енергії сонця для підвищення енергоефективності будівлі.

За допомогою програмного забезпечення ми побудували 3-D модель сонячної станції на даху гуртожитку, порахували річну генерацію, підібрали сонячні панелі та мережеві інвертори. Далі потрібно описати схему роботи станції та підключення її до електромережі.

Електрична принципова схема та підключення до електромережі

Фотоелектрична станція складається із 222 фотоелектричних модулів ФЕМ, потужністю 325 Вт кожен. Електрична потужність ФЕС складає 72,15 кВт.

Фотоелектричні модулі комутуються по 18 шт. послідовно, утворюючи стрінг. Ряди ФЕМ, комутуються паралельно по 18 шт. до входів з'єднувальних силових шаф постійного струму. За допомогою кабельних ліній постійного струму напругою до 1 кВ електроенергія передається з ШП на MPPT вхід інвертора постійного струму Fronius Symo 20.0.3. Потужність одного інвертора складає 23,4 кВт.

Підключення станції в мережу

Підключення станції до мережі здійснюється шляхом заключення договору про приєднання до електромереж з місцевим РЕМ. Далі перевіряється існуюча приєднана потужність до будинку. Якщо приєднаної потужності не вистачає тоді потрібно звернутися до місцевого РЕМ і заповнюємо заяву про приєд-

нання електроустановки для збільшення потужності, в середньому близько 2 тис. грн/1кВт. Тоді оплачується рахунок від РЕМ та очікується технічна процедура.

Перед початком монтажних робіт, спеціаліст направлений від РЕМ перевіряє технічні умови та конструкцію даху щодо можливості витримати станцію.

СЕС буд підключатися до ТП 10/0,4 кВ, від якої також живиться група споживачів гуртожитку. Електроспоживання гуртожитку за 2019 рік склало близько 324 тис кВт/рік, а СЕС виробляє близько 78 тис кВт/рік, тому група споживачів спочатку буде живиться від СЕС, а коли електроенергії буде не вистачати то живлення буде від ТП. Вихід інвертора підключається до трьохфазної мережі 380 В через автоматичні запобіжники АС захисту в щит змінного струму в будинку.

Облік роботи буде контролювати двонаправлений лічильник який показує яка частина електроенергії бралася із мережі, а яка віддавалася в мережу. Придбання, встановлення та підключення приладу обліку (двонаправлений лічильник, модем) здійснюється енергопостачальником за рахунок побутового споживача. Протягом п'яти робочих днів з моменту оплати послуг з облаштування вузла обліку Обленерго приводить вузол обліку у стан, придатний для вимірювання спожитої та виробленої електроенергії відповідно до схеми підключення.

Отримувати кошти за «Зеленим тарифом» не вийде, тому що в місячному розрізі споживання гуртожитку буде більше ніж вироблення, а так як «Зелений тариф» рахується в нашій державі помісячно то і отримувати кошти в нас не вийде.

Живлення СЕС буде від ТП 10/0,4 кВ для запуску станції, у нічний час, за відсутності генерації енергії, інвертор переходить в "сплячий" режим, з мінімальним енергоспоживанням – 0,2 В.

Послуги з передачі даних, зберігання та обробки даних здійснюються за рахунок енергопостачальника, який щомісяця не пізніше 10 числа надає споживачу звіт в електронній формі про покази лічильника, розмір та напрямки перетоків спожитої та згенерованої в мережу електричної енергії. Крім того, обле-

нерго раз на півроку проводить контрольну перевірку показів лічильника споживача.

Висновки до розділу

Під час проведення обстеження будівлі були визначені основні проблемні місця гуртожитку та шляхи їх вирішення. До запропонованих заходів з енергозбереження будівля мала клас енергоефективності «Е» що не відповідало вимогам згідно ДБН В.2.6-31. Після запропонованих заходів з енергозбереження, а саме: заміна вікон, утеплення будинку, даху, підлоги, модернізація ІТП, заміна входних дверей ми отримали клас енергоефективності «В» що відповідає вимогам енергоефективності згідно з ДБН В.2.6-31.

У роботі проведений аналіз впливу ринкових змін на гуртожиток №22. Розглянута структура постачання електричної енергії кінцевому споживачу. На сьогоднішній день в Україні за постачання і за розподіл електричної енергії відповідають різні компанії: постачальник електричної енергії і оператор системи розподілу. Для гуртожитку №22 оператором системи розподілу виступає ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі». Також при відсутності бажання працювати з вищезазначеним ОСР об'єкт може укласти договір з постачальником «останньої надії», яким було визначено ДПЗД «Укрінтеренерго».

Тарифна політика для гуртожитків характеризується постійним стабільним зростанням цін на електричну енергію, це робить заходи з енергозбереження ще більш ефективними.

На об'єкті проведений огляд систем зовнішнього і внутрішнього електропостачання. Живлення будинку забезпечується від однієї трансформаторної підстанції ТП №640. Стан внутрішньої мережі електросистеми перебуває у задовільному стані. Основними споживачами на загальнобудинковій території є пасажирські і вантажні ліфти, побутові прилади мешканців, а також освітлення сходових клітин і приквартирних зон. Складений баланс споживання електроенергії на загальнобудинкових територіях.

В будинку встановлені індивідуальні комунальні лічильники обліку електричної енергії, а також загальні лічильники для обліку споживання електроенергії на потреби будинку.

Розроблено ряд корисних заходів, впровадження яких дозволить підвищити рівень енергетичної ефективності будівлі і зменшити фінансові затрати за споживання енергоресурсів. Пріоритетними до реалізації заходами мають стати ті, що зменшать споживання найбільш енергоємних споживачів, тобто заходи, що стосуються ліфтів і систем освітлення. Було запропоновано замінити електротягові двигуни ліфтів, повністю замінити прилади освітлення на енергоефективні, а також модернізувати систему освітлення датчиками присутності.

Також було проведено опис роботи сонячної станції, попередньо спроектованій в магістерській дисертації, була наведена принципова схема сонячної станції, а також описано підключення до загальної електромережі.

3 НАУКОВО ДОСЛІДНИЙ ІНЖИНІРИНГ

3.1 Імітаційне моделювання сонячної електростанції в програмному середовищі PVSOL 2020

3.1.1 Вступ

В сучасному світі комп'ютерні технології і програмне забезпечення дозволяють з легкістю створити динамічну модель об'єкта майже будь-якої складності для подальшого її використання у наукових і професійних цілях.

Динамічна модель дозволяє побачити заздалегіть побачити проект в цілому, дослідити його, знайти його основні недоліки, і шляхи їх вирішення.

При наявності комп'ютерної моделі подальші затрати часу і фінансів на дослідження набагато нижче, ніж в альтернативних методах, при цьому результати роботи з динамічною моделлю зазвичай точніші і ближчі до реальних умов, оскільки використовують складні методи математичного розрахунку і враховують більшість факторів і умов, що можуть здійснювати вплив на роботу об'єкта.

3.1.2 Програмне забезпечення

В даній роботі ми будемо використовувати програмне забезпечення PVSOL 2020. Ця програма дозволяє виконати динамічну модель досліджуваного об'єкта, імітаційне моделювання сонячної електростанції на ньому, виконати розрахунки по генерації сонячного світла, вибрати різноманітні сонячні панелі та івертори, розрахувати термін окупності та багато іншого.

На даний час PVSOL є однією з найпровідніших програм з побудови і розрахунку сонячних електростанцій, і є конкурентом таких програм та інтернет середовищ як PVSyst та SolarEdge. В створених моделях враховують не тільки задані статичні і динамічні параметри самої будівлі, але й зовнішні кліматичні

умови, що можуть здійснювати вплив на роботу об'єкту.



Рисунок 3.1 – Логотип PVSOL

3.1.3 Вхідні параметри моделі

У вихідних параметрах для побудови 3D моделі для початку потрібно вибрати тип системи, вказати кліматичну зону, вибрати місто в якому знаходиться досліджуваний об'єкт та вказати параметри мережі живлення. Також потрібно вказати електроспоживання по кожному місяці за 2019 рік. В нашому випадку буде використовуватися підключення фотоелектричної системи до загальної мережі з електричним обладнанням. На рисунку 3.2 зображено вибір типу системи.

System Type, Climate and Grid

Type of System

3D, Grid-connected PV System with Electrical Appliances

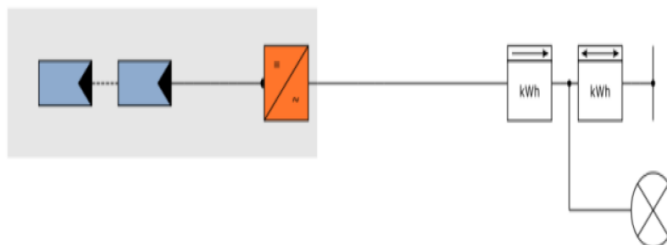


Рисунок 3.2 – Вибір типу системи

В наступному розділі необхідно обрати кліматичну зону і місто де знаходиться досліджуваний об'єкт. В нашому випадку це Україна, місто Київ, а та-

кож вказати параметри електромережі – це вольтаж електромережі, кількість фаз та \cos (рис.3.3).

Climate Data

Country: Location:

Latitude: 50° 23' 59" (50,4°) Longitude: 30° 26' 59" (30,45°)

Time zone: UTC+3 Annual Average Temperature: 9 °C

Time Period: 1991 - 2010 Resolution: Hourly

Annual sum of global irradiation: 1171 kWh/m²

[Simulation Parameters](#)

AC Mains

Voltage (N-L1): 230 V

Number of Phases: 3-phase

$\cos \varphi$: 1

Maximum Feed-in Power Clipping: No

Рисунок 3.3 – Вибір кліматичних даних та електромережі

Далі, в розділі «Споживання» ми вказуємо помісячне електроспоживання гуртожитку №22 за 2019 рік на основі даних отриманих з Центру Енергоменеджменту КПІ ім. Ігоря Сікорського. З отриманих даних бачимо що електроспоживання за 2019 рік становило 324101 кВт.

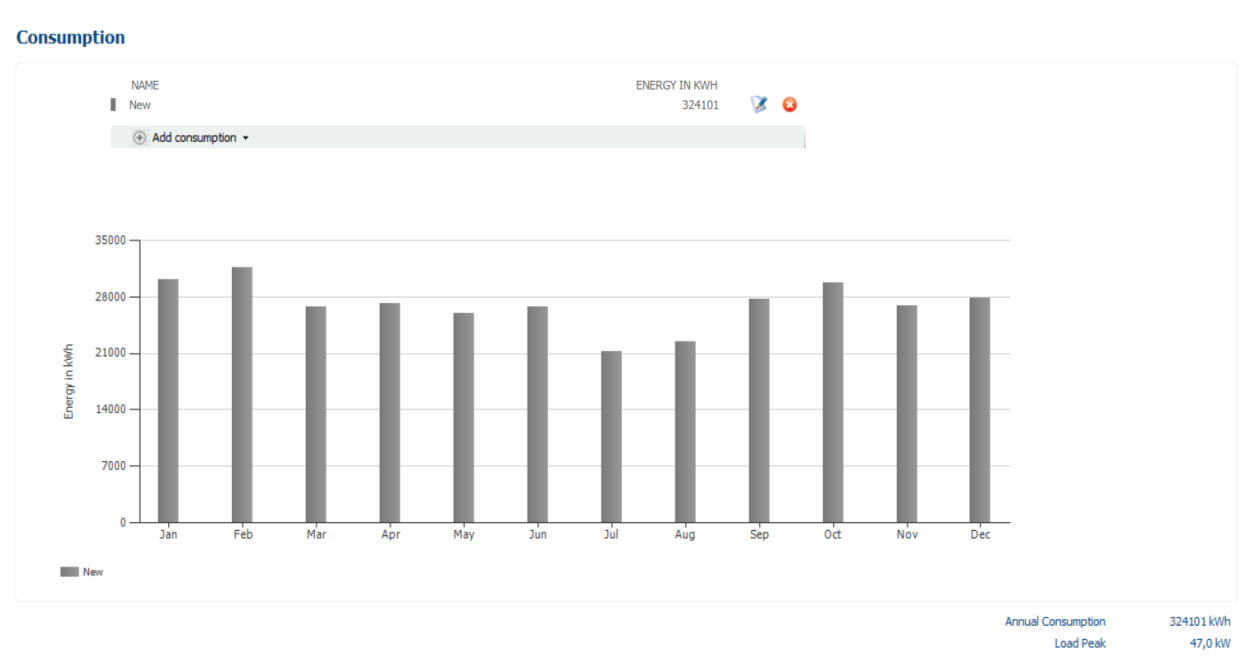


Рисунок 3.4 – Електроспоживання гуртожитку №22 за 2019 рік

3.1.4 Вихідні параметри

PVSOL здатен виводити безліч параметрів, в якості вихідних даних моделювання. Всі результати виводяться у вигляді таблиць або графіків з даними або у текстових форматах. Моделювання може здійснюватися для річного або помісячного періоду.

В результаті нашої роботи ми отримали 3d модель сонячної станції побудовану на даху гуртожитку, її річну генерацію, та розрахували термін окупності даного заходу. Дана програма автоматично розділяє сонячну електростанцію на стрінги, і підбирає найкращі варіанти іверторів з кількістю MPPT для максимальної генерації отриманого світла, що суттєво заощаджує наш час на розрахунок системи.

3.1.5 Аналіз отриманих даних

На рисунку 3.5 зображено 3D модель сонячної електростанції на даху гуртожитку №22.

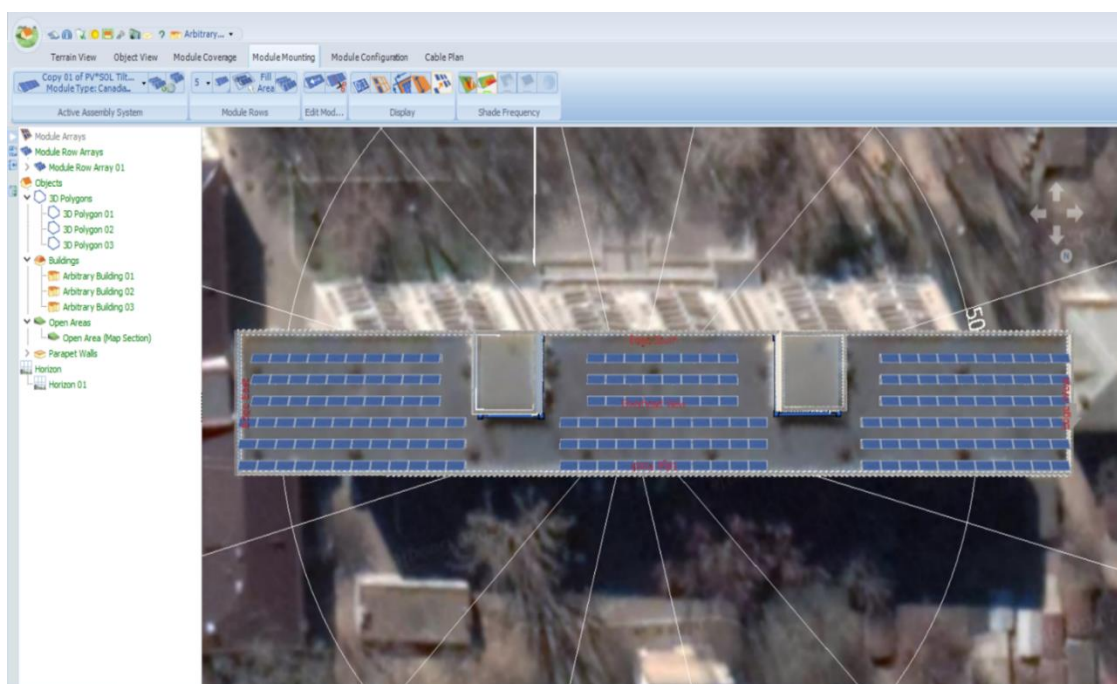


Рисунок 3.5 – 3D модель сонячної електростанції

Для розрахунків було обрано сонячні панелі компанії Canadian Solar з потужністю 360 Вт. Canadian Solar має дочірні підприємства в більш ніж 24 країнах на 5 континентах. Крім того, що Canadian Solar є виробником сонячних фотоелектричних модулів і постачальником рішень в області сонячної енергії, у нього є географічно диверсифікований ряд енергетичних проектів загального призначення. З недавнім придбанням компанії Recurrent Energy загальна проектна потужність Canadian Solar в даний час складає 20,4 ГВт, включаючи збільшення проектною черзі на пізній стадії до 2,4 ГВт. У Canadian Solar, включаючи два виробничих підприємства в Онтаріо, працюють близько 9000 чоловік по всьому світу. Це означає, що за останні 15 років поставки панелей склали більше 16 ГВт, або приблизно 70 мільйонів фотоелектричних модулів.

Canadian Solar пропонує сонячні модулі, сонячні енергосистеми, автономні сонячні системи для домашнього застосування і спеціалізовані сонячні продукти.

Глобальне бізнес-підрозділ Canadian Solar по фотоелектричним проектам працює вже більше шести років і займається розробкою фотоелектричних проектів по всьому світу, спеціалізуючись на розробці проектів, проектуванні систем, проектування та фінансування. Крім того, Canadian Solar може впоратися з розгортанням систем фотоелектричних проектів, потужністю від декількох сотень кіловат до мегават.

Сонячна батарея Canadian Solar CS3L-360 [17]:

1. Потужність 360 Вт.
2. Монокристалічний модуль.
3. 120 половинчастих осередків (Half-cell)
4. Максимальна ефективність 19,46%.
5. Технологія PERC.
6. Низькі втрати потужності у сполученні осередків.
7. Розміри модуля: 1765 x 1048 x 40 мм.

Електричні характеристики Canadian Solar CS3L-360:

8. Робоча напруга (V_{mp}): 33.1 В

9. Робочий струм (I_{mp}): 10.88 A
10. Напруга холостого ходу (V_{oc}): 40.0 B
11. Струм короткого замикання (I_{sc}): 11.45 A

Температурні характеристики Canadian Solar CS3L-360

12. Температурний коефіцієнт (P_{max}): -0.35 % / °C.
13. Температурний коефіцієнт (V_{oc}): -0.29 % / °C.
14. Температурний коефіцієнт (I_{sc}): 0.05 % / °C.

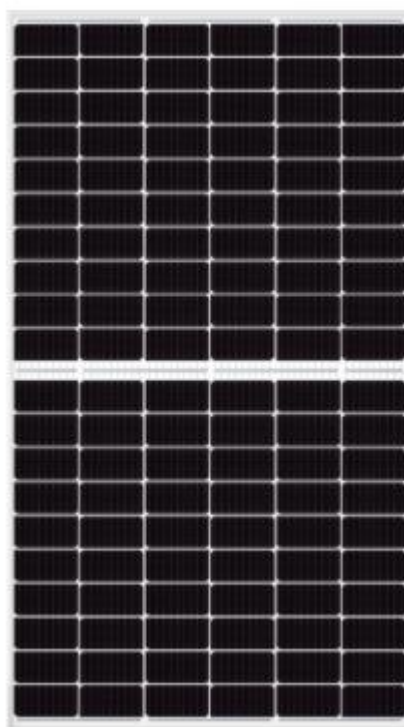


Рисунок 3.6 – Сонячна батарея Canadian Solar CS3L-360

Так як дах гуртожитку плоский, сонячні панелі будуть розташовуватися горизонтально на спеціально побудованому каркасі під кутом 20 градусів. В налаштуваннях програми вибираємо кут нахилу, азимут, кількість панелей в рядку. За допомогою кнопки «Calculate» програма рахує максимально ефективну відстань між рядками сонячних панелей, у нашому випадку вийшло 1 метр. На рисунку 3.7 зображені всі налаштування.

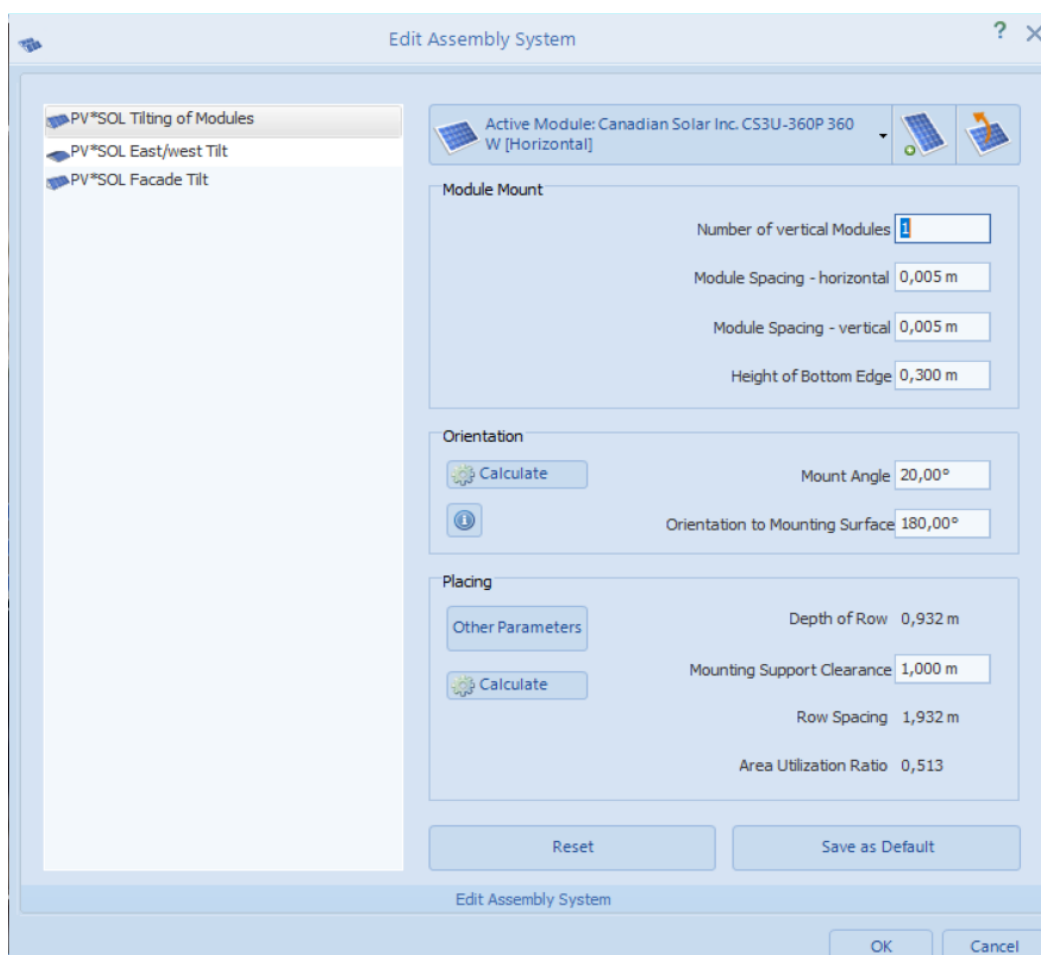


Рисунок 3.7 – Вибір сонячної панелі та їх параметри

Дана програма дозволяє за допомогою однієї клавіші побудувати сонячну електростанцію по всій площині даху, але в нашому випадку на даху розташовуються ліфтові шахти, що будуть перешкоджати попаданню сончних променів на фотоелементи протягом дня, тому необхідно прибрати зайві панелі навколо ліфтових шахт. За допомогою програми ми можемо порахувати річний процент затемнення на кожній сонячній панелі, ті панелі де затемнення буде більше 10% ми прибираємо. На рисунку 3.8 зображено річне затемнення панелей.

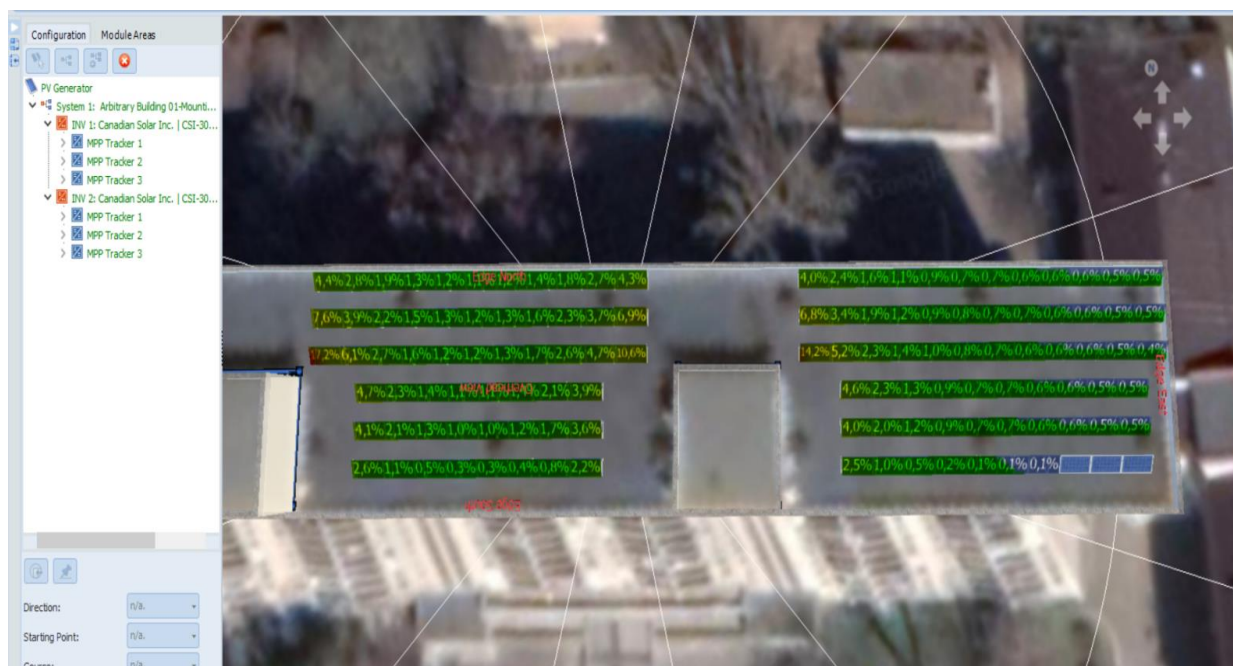


Рисунок 3.8 – Річне затемнення панелей

В результаті отримуємо наступні значення - 186 панелей, загальною потужністю 66,96 кВт. 3D модель розташування сонячних панелей зображено на рисунку 3.9



Рисунок 3.9 – 3D модель розташування сонячних панелей

Далі потрібно розділити панелі на стрінги і підібрати мережевий інвер-

тор. PVSOL дозволяє автоматично розділити панелі на стрінги, та підібрати необхідну кількість інверторів, нам потрібно тільки вибрати марку інвертора та його потужність.

В результаті ми отримуємо наступні розрахунки – 3 інвертори марки Canadian Solar CSI-30K-T400, які будуть повністю покривати потужність сонячних панелей.

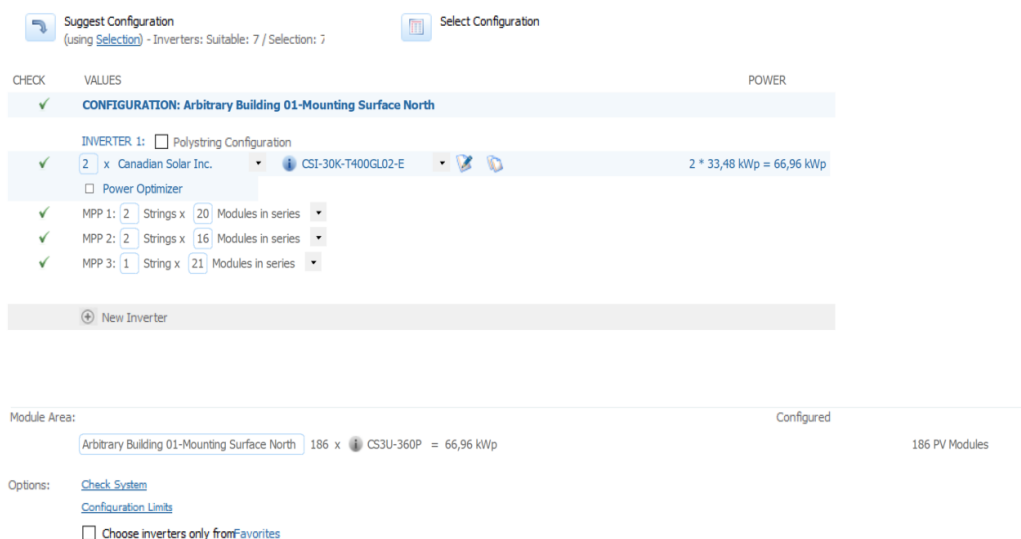


Рисунок 3.10 – Підбір інвертора

Інвертор Canadian Solar CSI-30K-T400 забезпечує ефективність перетворення до 98,6%, широкий робочий діапазон 200-800 В постійного струму та три MPPT для максимального збору енергії [18].



Рисунок 3.11 – Інвертор Canadian Solar CSI-30K-T40

Характеристики Canadian Solar CSI-30K-T40:

1. Максимальна потужність 34 кВт.
2. Кількість MPPT – 3.
3. Номінальна вихідна потужність – 30 кВт
4. Максимальна вихідна потужність – 33кВт.
5. Максимальна ефективність – 98,6 %
6. Степінь захисту IP 65
7. Розміри – 530x700x356 мм
8. Вага – 58,2 кг

З отриманих даних ми бачимо, що нам потрібно 2 інвертори. Програма розділила їх на 2 абсолютно аналогічні (рис. 3.12). В кожному буде використуватися 3 MPPT. В першому буде 2 стрінга по 20 панелей в кожному, в другому 2 стрінга по 16 модулів, і в останньому 1 стрінг на 21 панель. Всього разом 186 сонячних батарей.

MPPT це основна топологія в економічних схемах перетворення, що реалізується на мікропроцесорі для інтелектуального регулювання робочої точки сонячних панелей, що дозволяє сонячним панелям розвивати максимальну потужність. При зміні умов, робоча точка сонячних панелей відхиляється від точки максимальної потужності, мікропроцесор буде регулювати робочу точку сонячної батареї на основі розрахунку MPPT, щоб витягти з сонячних батарей максимально можливу потужність [21].

Принципова відмінність контролера заряду MPPT від всіх інших полягає в тому, що він знаходить і відстежує точку максимальної потужності сонячної батареї і використовує всю доступну потужність шляхом широтно-імпульсного перетворення при всіх режимах заряду, а не тільки при останньому режимі для підтримки граничної напруги зарядки. Таким чином, використання MPPT контролера дозволяє збільшити кількість використовуваної сонячної енергії від однієї і тієї ж батареї на 10-30% в залежності від глибини розряду акумулятора [21].

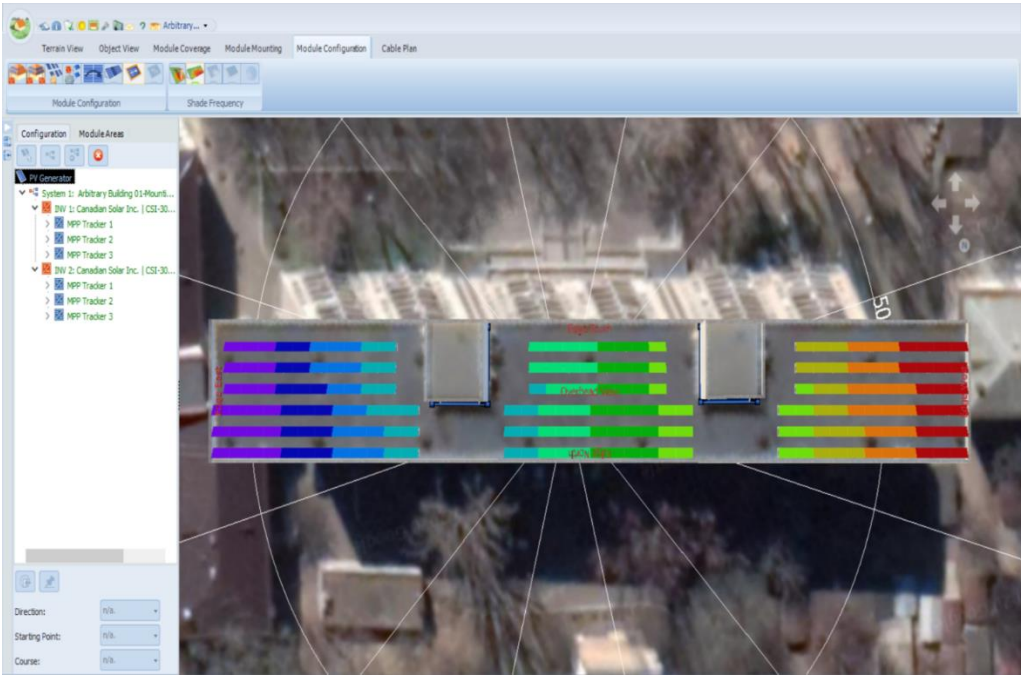


Рисунок 3.12 – Розділ на МРРТ

Електрична схема підключення сонячної станції зображена на рисунку 3.13.

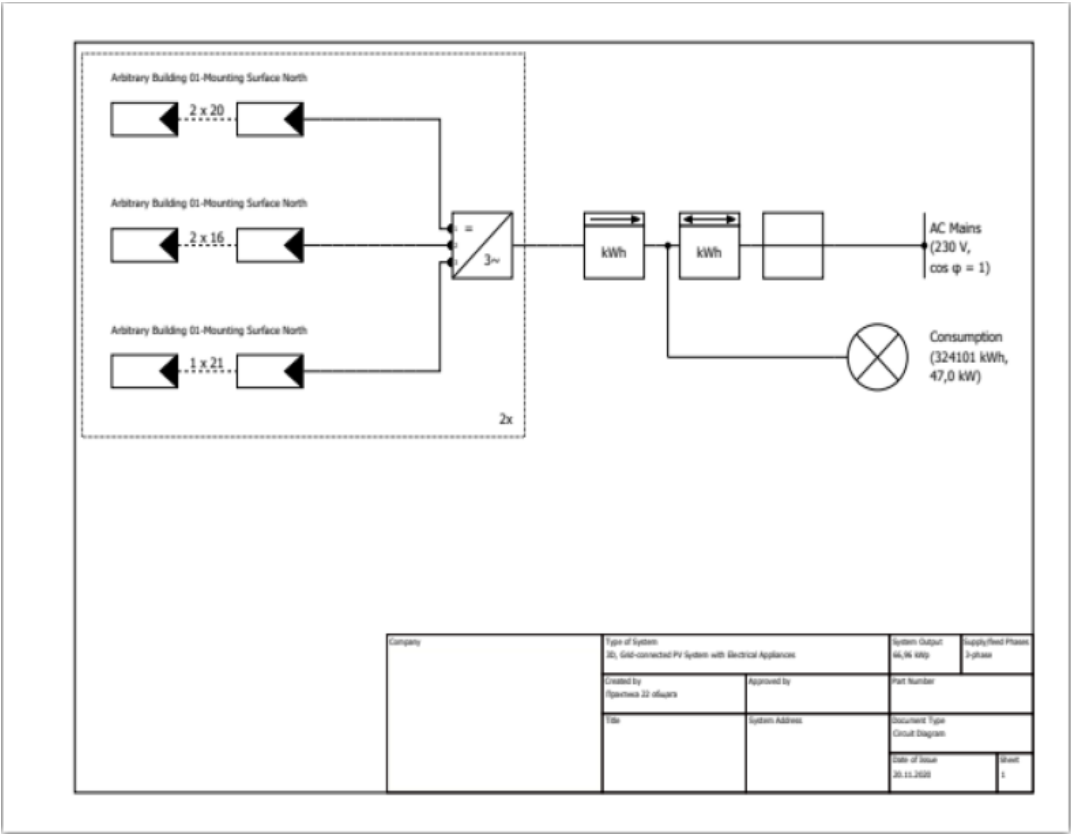


Рисунок 3.13 – Електрична схема підключення

В результаті моделювання сонячної електростанції та її симуляції за цілий рік ми отримали дані, які потрібно проаналізувати. Отже за рік електростанція на 66,96 кВт зможе виробити 72 527 кВт, це четверта частина від усього річного споживання гуртожитку. При цьому 7229 кВт ми зможемо віддати в мережу або залишити собі на акумулювання, але продати цю електроенергію по «зеленому тарифу» ми не зможемо, це пов'язано з тим що дана вироблена електроенергія спостерігається у конкретні літні дні, але в місячному розрізі споживання гуртожитку буде більше ніж вироблення. Загальні характеристики можна побачити на рисунку 3.14.

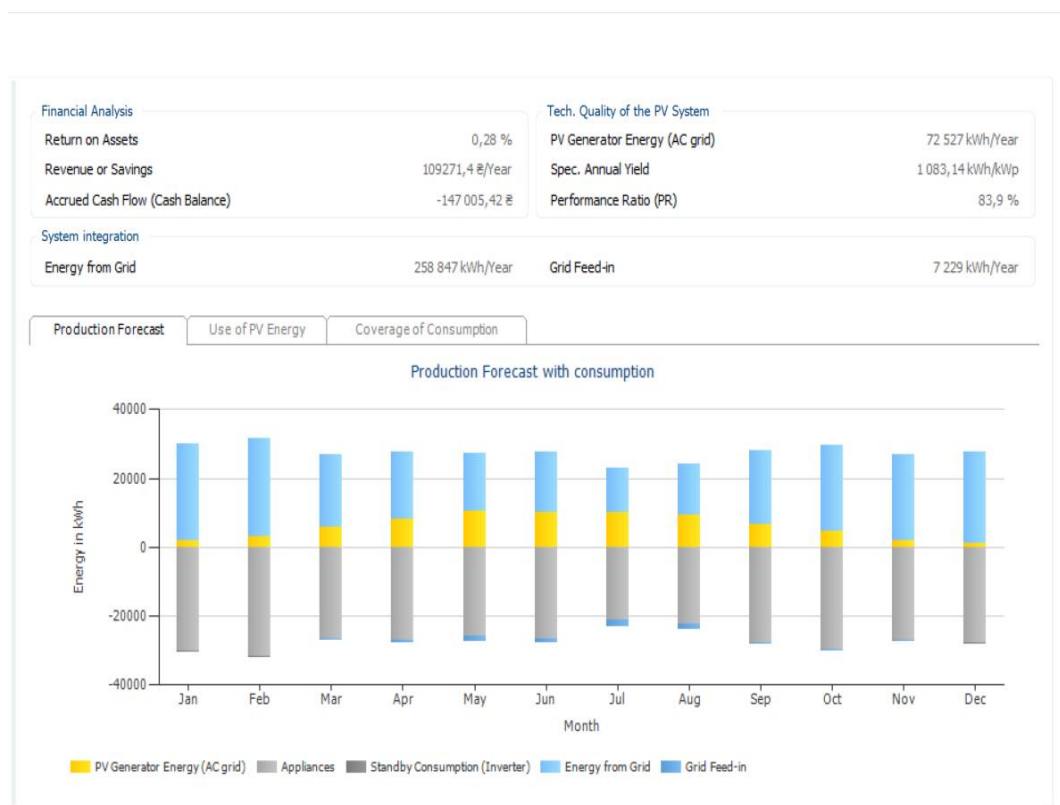


Рисунок 3.14 – Загальна характеристика сонячної станції

Також ми отримали графік помісячної генерації сонячної станції де можемо побачити, що найбільш продуктивними місяцями буде період з квітня по серпень, а найменш продуктивними грудень, січень, лютий, що очікувано так як зимою день найкоротший. Графік також показує і електроспоживання гуртожитку помісячно, і можемо побачити яку кількість електричної енергії нам

потрібно буде докуповувати.

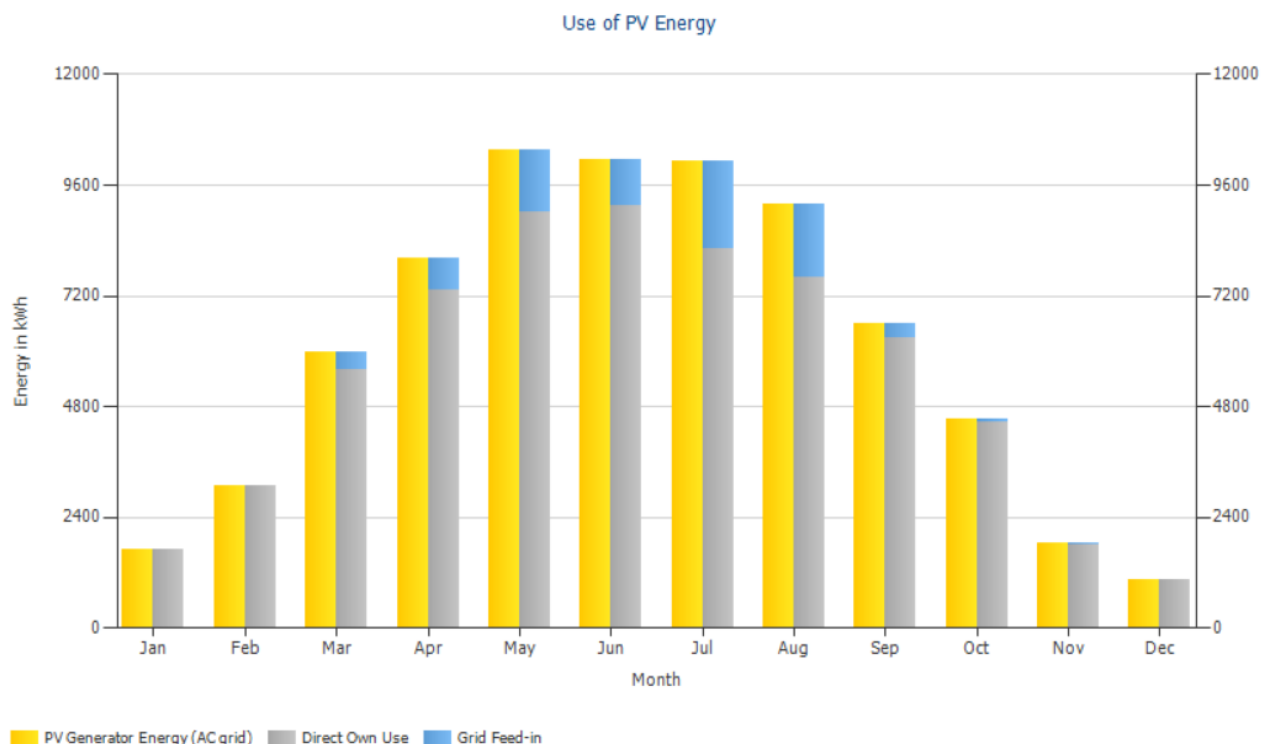


Рисунок 3.15 – Помісячна генерації сонячної станції

Також PVSOL дає змогу побачити середню температуру протягом року та середню температуру на сонячних панелях протягом року.

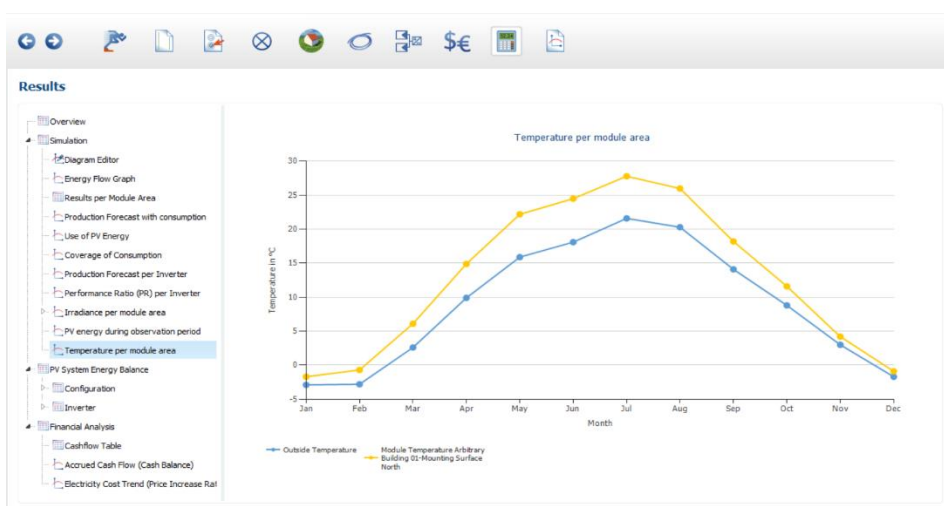


Рисунок 3.16 – Температура зовнішнього повітря та на сонячних панелях

Для порівняння, змодельюємо ще один варіант розміщення сонячних панелей але іншого виробника та підберемо для них інший інвертор. Отримані

значення порівняємо з початковими і зробимо загальний висновок щодо вибору сонячних панелей та інвертора а також їх розташування.

В другому варіанті я вибрав монокристалічні сонячні панелі, JAM60D09-325 на 325 Вт. Сонячна панель JAM60D09-325 від компанії JA Solar оснащена високоефективними осередками PERC. Конфігурація половинчастих модулів забезпечує більш високу вихідну потужність, кращу продуктивність, зменшене впливу затінення на вироблення енергії, менше ризику виникнення гарячої точки, а також підвищення допуску механічних навантажень.

Компанія JA Solar - одна з найбільших китайських компаній з виробництвом в Китаї та інших країнах світу, і представництвами в Європі, Північній Америці та Азії. Модулі JA Solar - це високоякісні брендові модулі, які входять в рейтинг TIER1. 3D модель розташування та характеристики сонячних батарей JA Solar зображена на рисунку 3.17 та 3.18 відповідно.

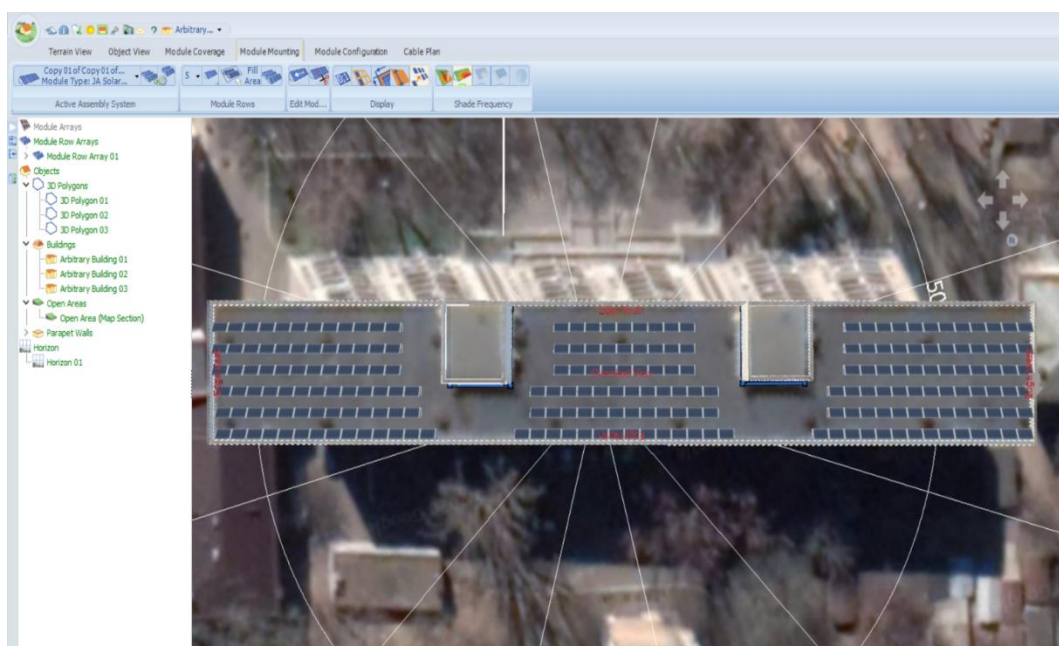


Рисунок 3.17 – 3D модель розташування сонячних панелей JA Solar

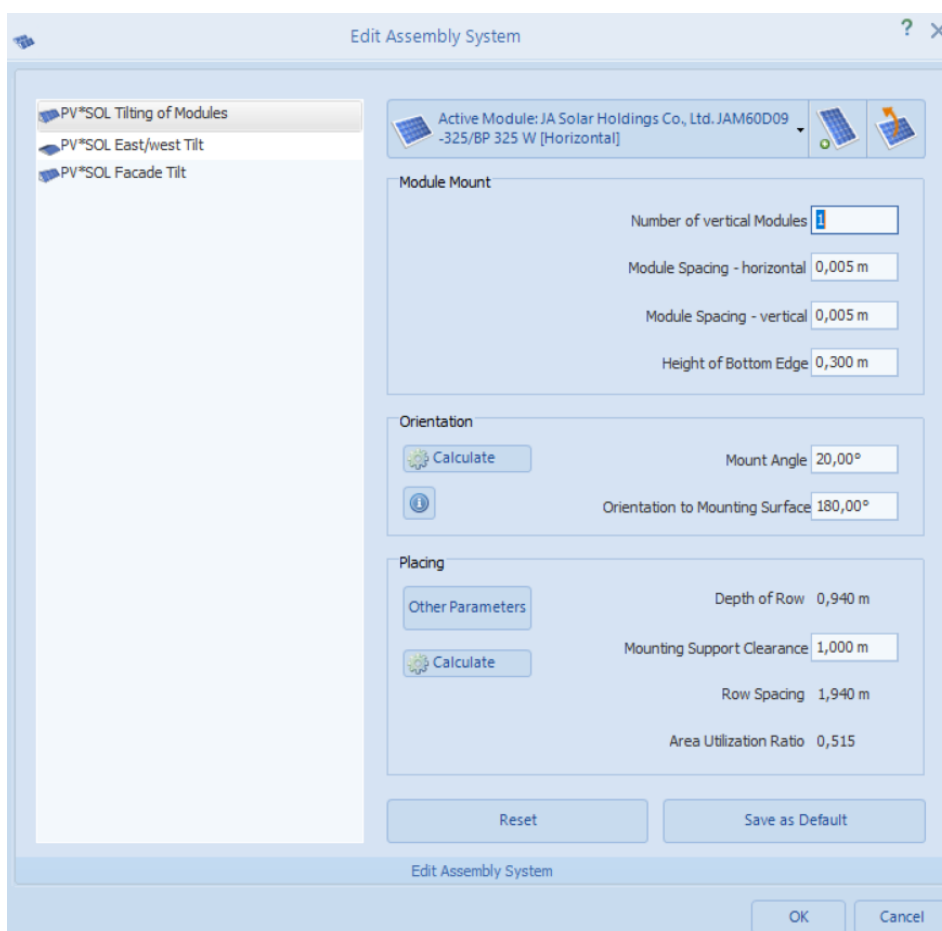


Рисунок 3.18 – Характеристика розташування сонячних батарей JA Solar

Сонячна батарея JA Solar JAM60D09-325 [20]:

1. Потужність 325 Вт.
2. Монокристалічний модуль.
3. 120 половинчастих осередків (Half-cell)
4. Максимальна ефективність 20,2%.
5. Захист від вологи – IP68.
6. Низькі втрати потужності у сполученні осередків.
7. Розміри модуля: 1698 x 996 x 40 мм.

Електричні характеристики JA Solar JAM60D09-325:

8. Робоча напруга (V_{mp}): 33.87 В
9. Робочий струм (I_{mp}): 10.88 А
10. Напруга холостого ходу (V_{oc}): 40.56 В
11. Струм короткого замикання (I_{sc}): 10.23 А

Температурні характеристики JA Solar JAM60D09-325:

12. Температурний коефіцієнт (P_{max}): $-0.35 \% / ^\circ\text{C}$.
13. Температурний коефіцієнт (V_{oc}): $-0.29 \% / ^\circ\text{C}$.
14. Температурний коефіцієнт (I_{sc}): $0.05 \% / ^\circ\text{C}$.

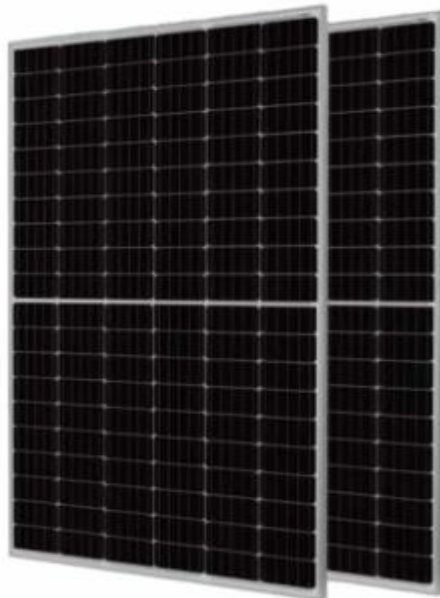


Рисунок 3.19 – Сонячна батарея JA Solar JAM60D09-325

Так як на криші гуртожитку розташовуються ліфтові шахти, потрібно поррахувати річне сонячне затемнення на кожній панелі, за допомогою програми PVSOL. Ті панелі де затемнення за рік буде складати більше 10% необхідно прибрати, тому що це буде негативно впливати на річну генерацію сонячної станції. На рисунку 3.20 зображено річне затемнення сонячних панелей.

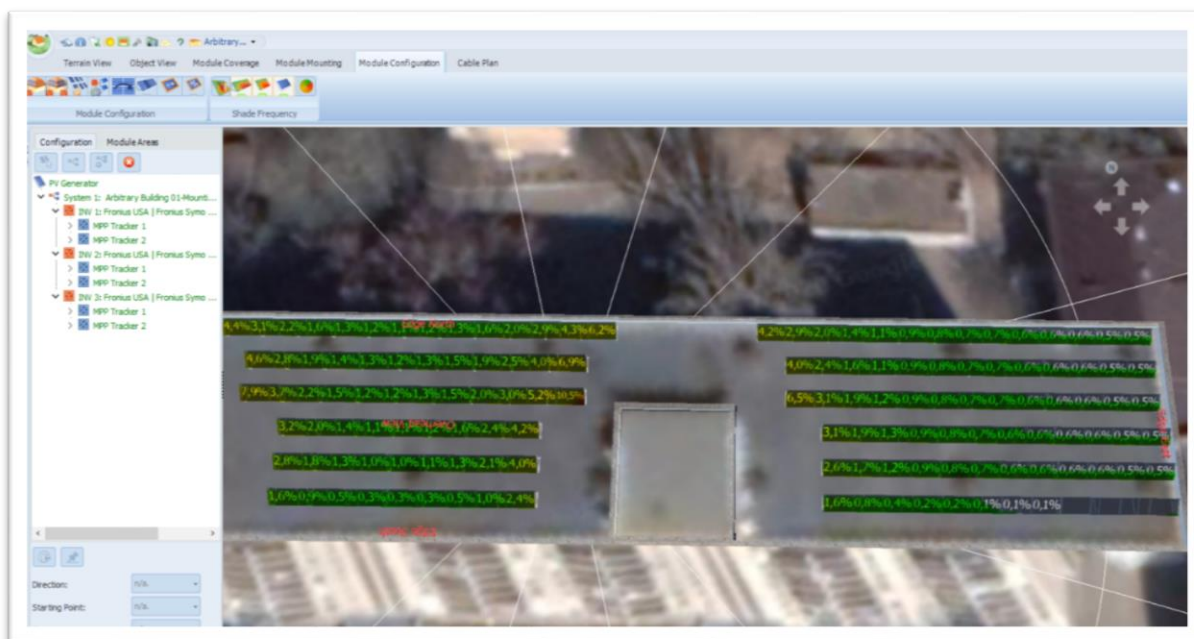


Рисунок 3.20 – Річне затемнення сонячних панелей

В результаті моделювання ми отримали 217 сонячні батареї із загальною сонячною генерацією 70,53 кВт. Наступним кроком буде підбір інвертора, та розділ сонячної станції на стрінги та MPPT. За допомогою програмного середовища та проведених розрахунків ми вибираємо 3 інвертори марки Fronius на 23,4 кВт. Мережевий інвертор Fronius Eco 20.0-3-S зображено на рисунку 3.18 Підбір інвертора в програмі PV Sol зображено на рисунку 3.21



Рисунок 3.21 – Інвертор Fronius Eco 20.0-3-S

Характеристики *Fronius Eco 20.0-3-S* [20]:

1. Максимальна потужність сонячних батарей 25 кВт.
2. Кількість MPPT – 2.
3. Номінальна вихідна потужність – 20 кВт
4. Максимальна ефективність – 98 %
5. Степінь захисту IP 66
6. Розміри – 530x700x356 мм
7. Вага – 43,4 кг
8. Номінальна вхідна напруга постійного струму - 580 В
9. Максимальне значення вхідної напруги постійного струму - 1000 В
10. Робочий діапазон MPPT - 580-850 В
11. Діапазон робочих температур - оптимальний від -25 ° С до + 60°C

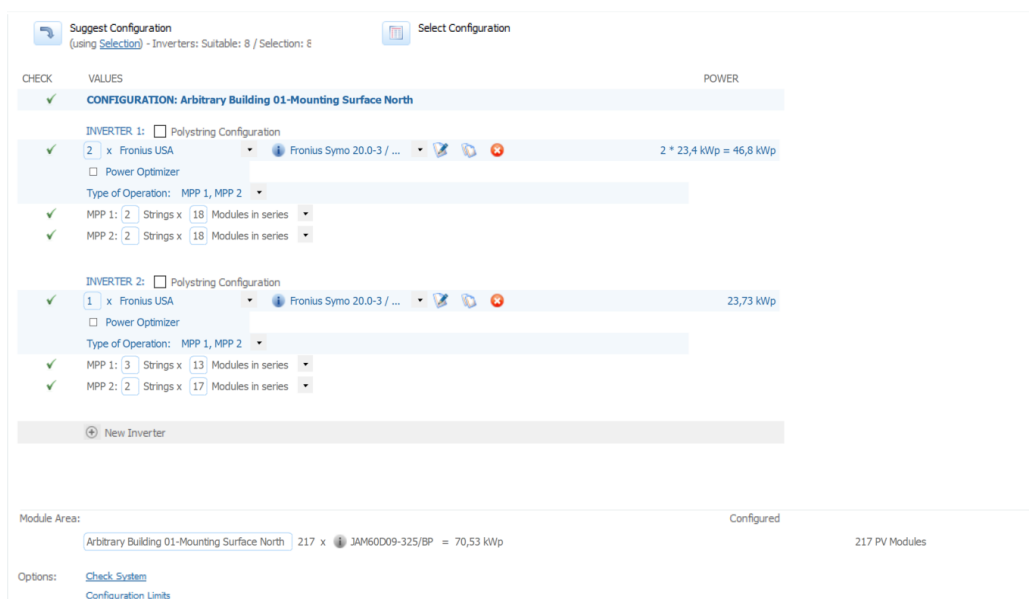


Рисунок 3.22 – Підбір інвертора в програмі PV Sol

Отже ми отримали 3 інвертори потужністю 23,4 кВт, та загальною потужністю 70,53 кВт, та розбили станцію MPPT та стрінги. 2 інвертори мають 2 MPPT, 2 стрінга по 18 модулів в кожному, третій має в першому MPPT 3 стрінга по 13 модулів, в другому 2 стрінга по 17 модулів. На рисунку 3.23 зображено

розподіл на стрінги.

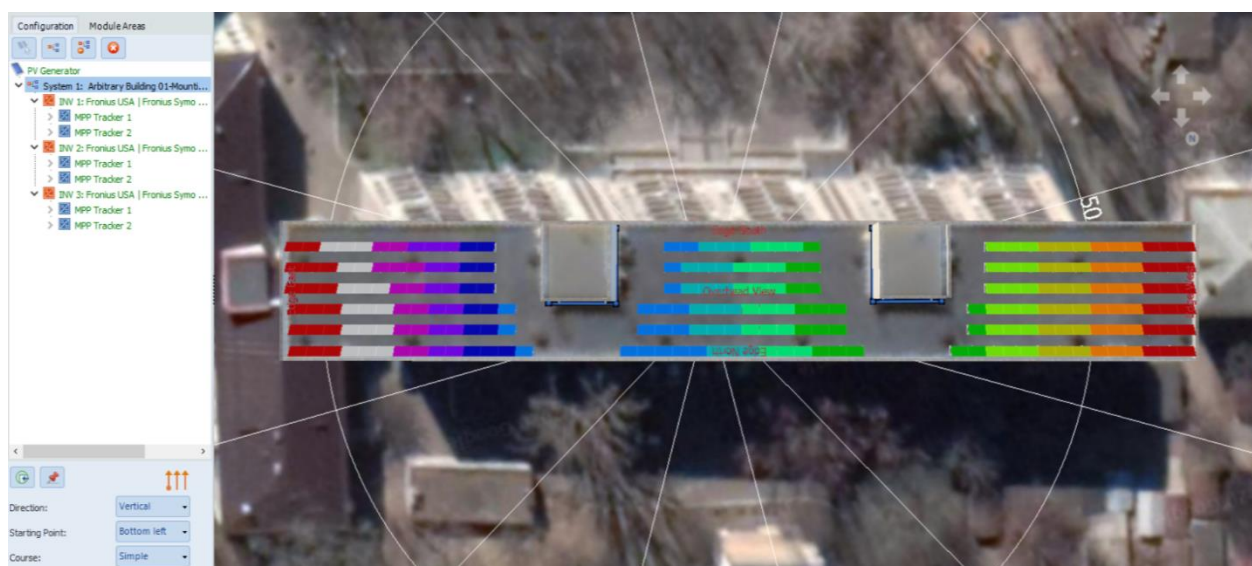


Рисунок 3.23 – Розподіл на МРРТ

Після симуляції річної генерації сонячного світла на побудованій сонячній станції ми отримали наступні результати – 75573 кВт/рік зможе виробити наша сонячна електростанція на 70,53 кВт з 3 інверторами. Це майже на 5000 кВт більше ніж попередній результат, з сонячними панелями компанії Canadian Solar на 360 Вт. На жаль продавати вироблену електроенергію за «Зеленим тарифом» не вийде, тому що річне споживання більше ніж річна генерація. Остаточні результати, та помісячний графік виробленої сонячної енергії зображені на рисунку 3.24 та 3.25 відповідно.

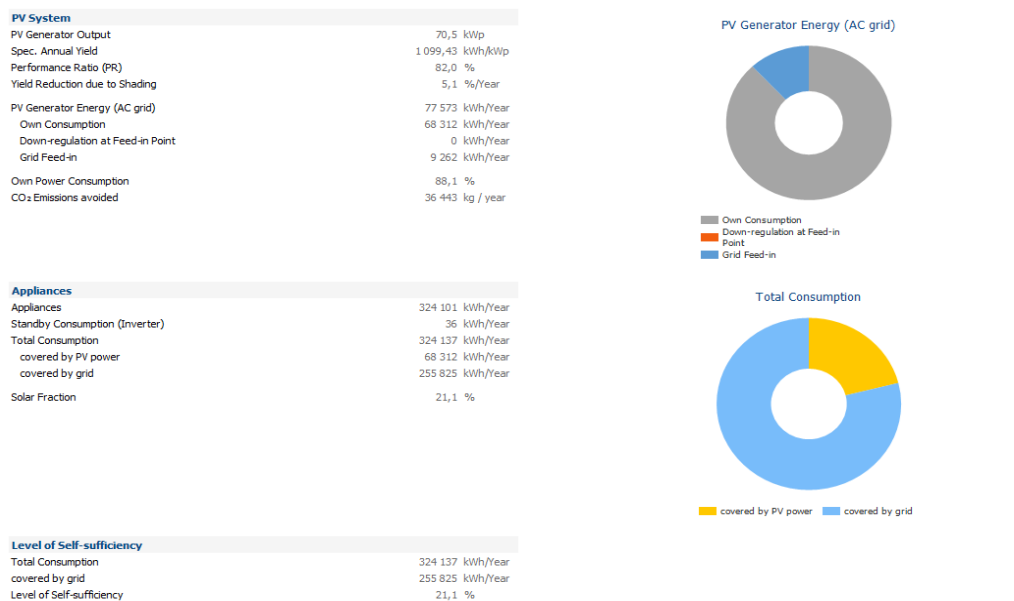


Рисунок 3.24 – Результати розрахунків в програмі PV Sol



Рисунок 3.25 – Помісячна генерація виробленої енергії

Енергетичний баланс по виробленій та спожитій електроенергії зображено на рисунку 3.26

Energy Flow Graph
Project: Радіоісл спецплатання

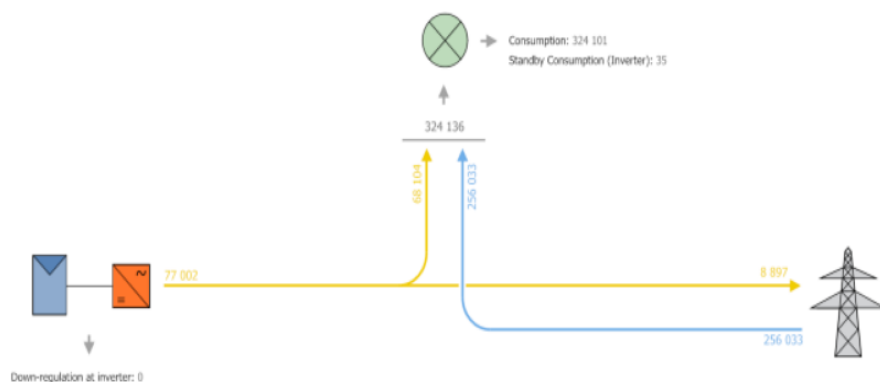


Рисунок 3.26 – Енергетичний баланс

Річне випромінювання у Вт/м^2 на сонячні панелі зображено на рисунку 3.27. Можемо спостерігати що пік припадає на літні місяці, що зумовлено найдовшим світловим періодом.

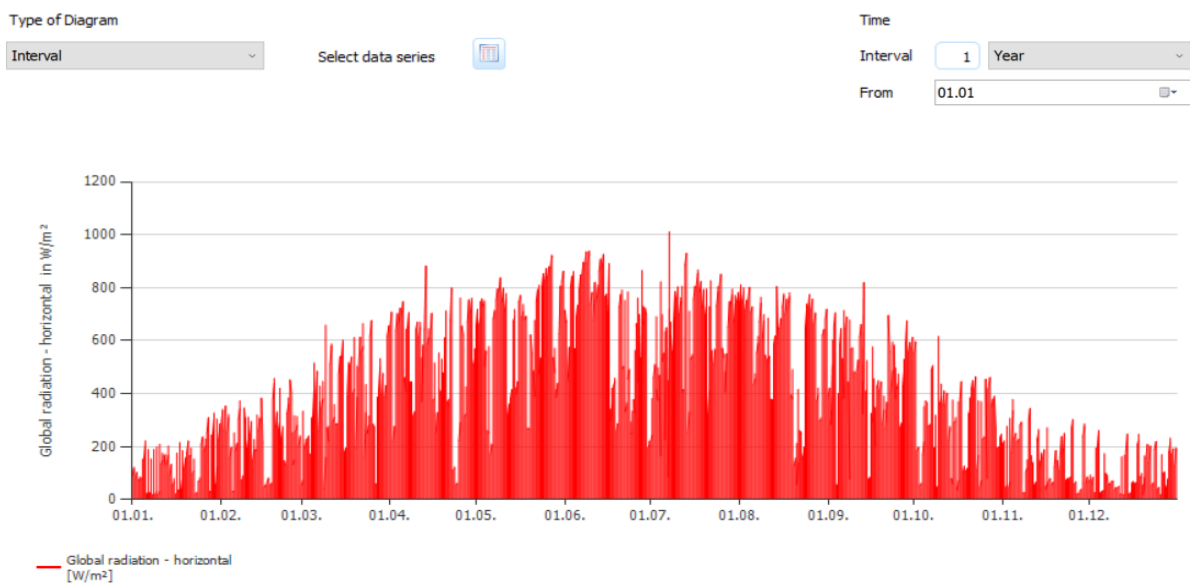


Рисунок 3.27 – Річне випромінювання у Вт/м^2

Річне вироблення електроенергії у Вт зображено на рисунку 3.28, місяці з квітня по серпень – найпродуктивніші для сонячної станції.

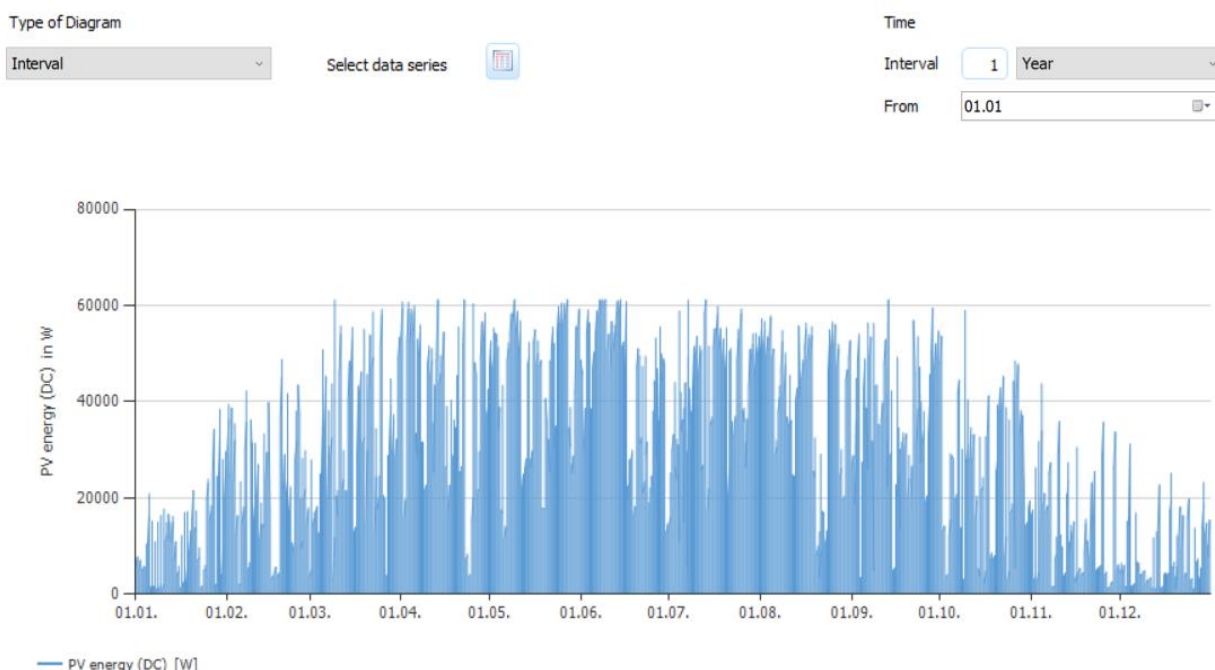


Рисунок 3.28 – Річне вироблення електроенергії у Вт

Отже можемо сміливо стверджувати що панелі JA Solar на 325 Вт для нас будуть ефективніше аніж Canadian Solar на 360 Вт. За рахунок меншої площі самої панелі, ми помістили на даху гуртожитка більше сонячних батарей.

Для порівняння результатів, та вибору оптимального кута нахилу сонячних панелей було виконано розрахунок сонячної станції з панелями JA Solar з іншим кутом нахилу, а саме 15 та 25 градусів. Це допоможе побачити нам річну генерацію сонячного світла при різних кутах нахилу і підібрати оптимальний, який буде максимально задовільняти наші потреби.

Сонячні батареї JA Solar на 325 Вт з кутом нахилу 15 градусів

Для початку в налаштуваннях сонячних панелей змінимо кут нахилу, та за допомогою програми порахуємо оптимальну відстань між рядками. Дані з налаштуваннями сонячних батарей зображено на рисунку 3.29

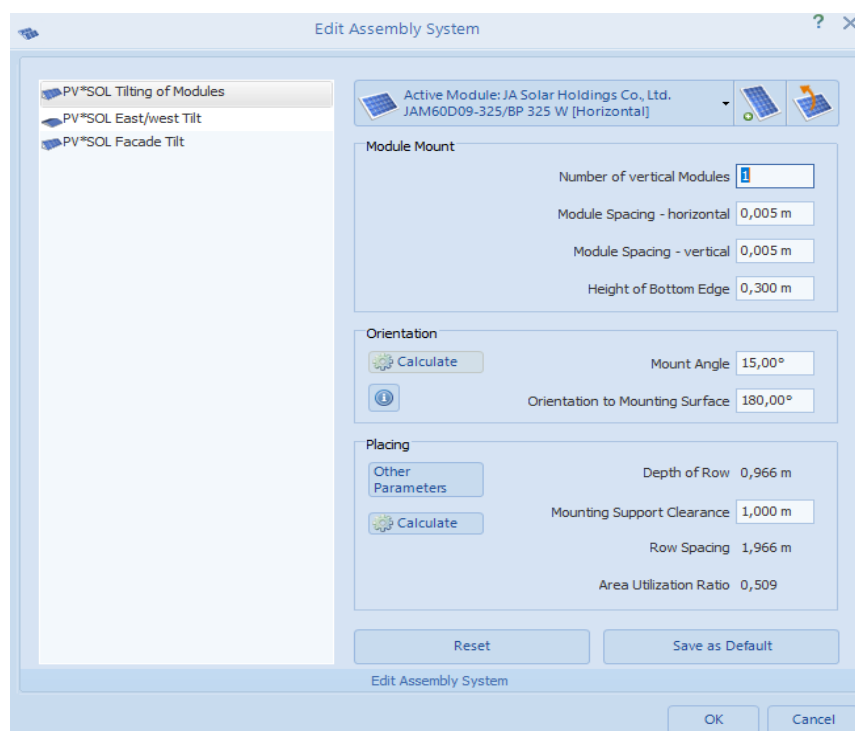


Рисунок 3.29 – Налаштування сонячних батарей

При заданій конфігурації сонячних панелей ми зможемо розмістити на даху гуртожитка 222 сонячні панелі, з загальною потужністю 72,15 кВт, це на 2 кВт більше ніж при куту нахилу в 20 градусів. Загальний вигляд сонячної станції зображено на рисунку 3.28. Батареї на яких річне сонячне затемнення було більше 10% навколо ліфтових шахт було прибрано, для максимально продуктивної роботи сонячної станції.

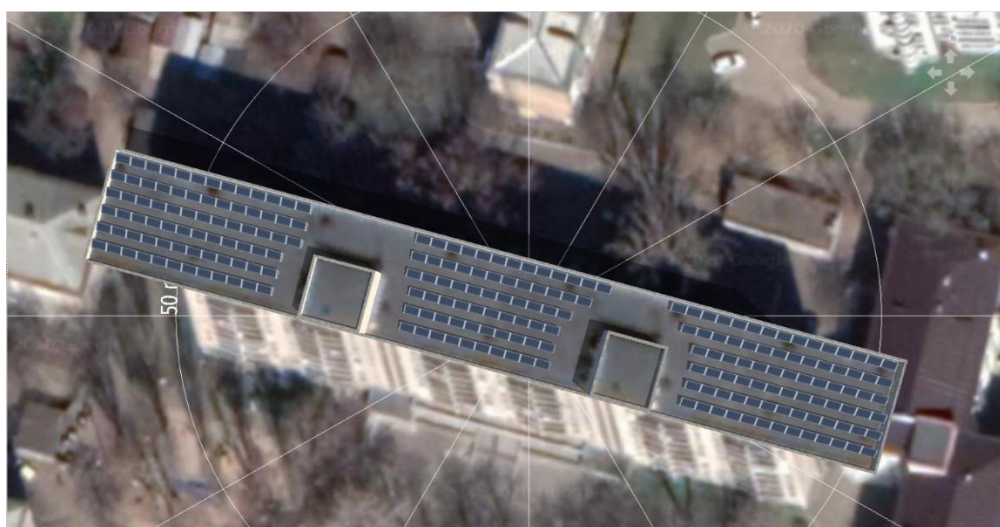


Рисунок 3.30 – Розташування сонячних батарей при куті 15 градусів

Після річної симуляції сонячна станція на 72,15 кВт при куті нахилу 15 градусів може виробити 78 245 кВт за рік. Це на 800 кВт більше ніж попередній результат, при куті нахилу в 20 градусів. Це зумовлено за рахунок більшої кількості панелей на станції. Остаточні дані зображено на рисунку 3.31 та 3.32

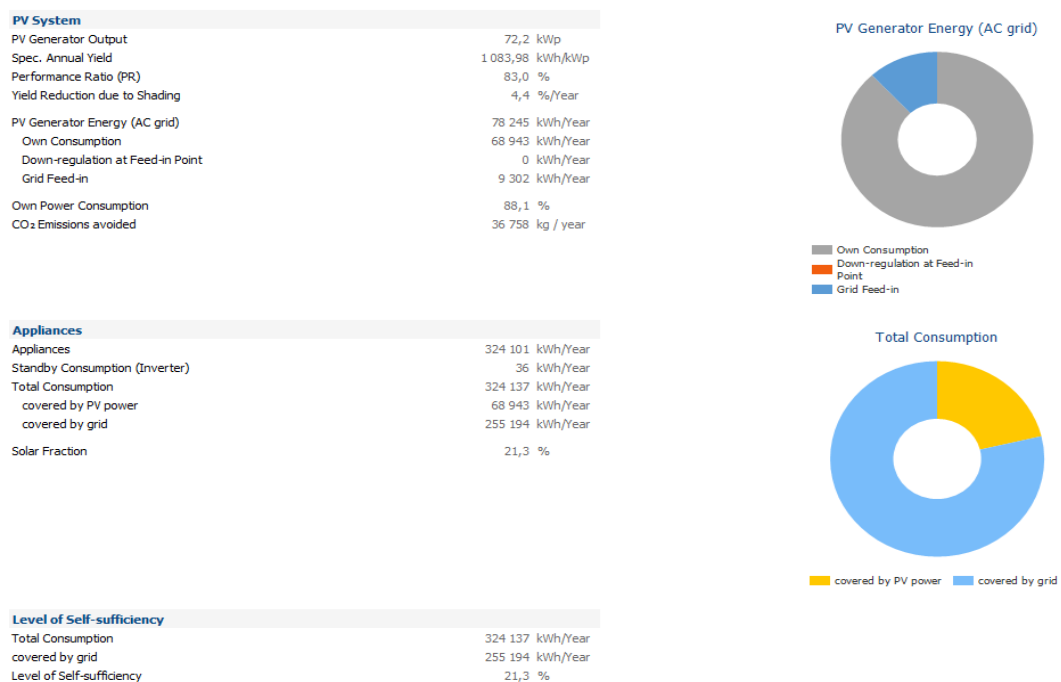


Рисунок 3.31 – Результати розрахунків в програмі PV Sol



Рисунок 3.32 – Помісячна генерація сонячної станції

Енергетичний баланс по виробленій та спожитій електроенергії зображено на рисунку 3.33

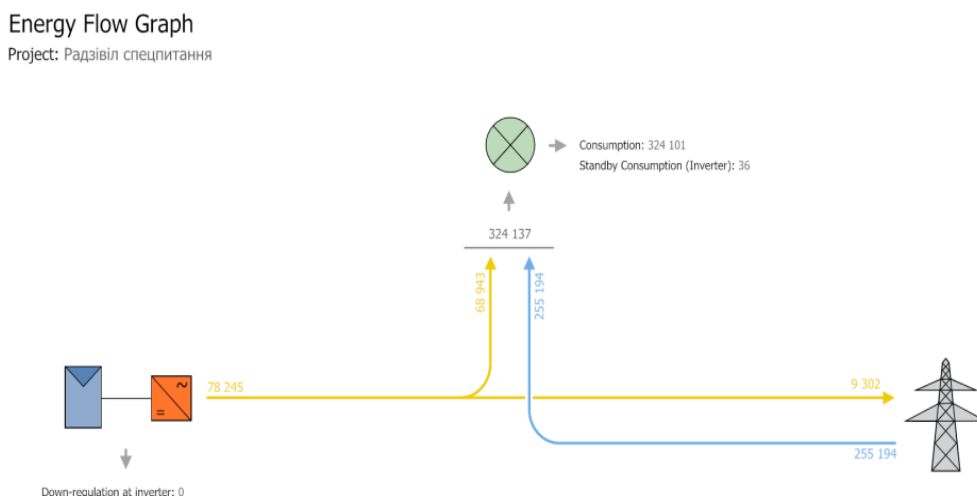


Рисунок 3.33 – Енергетичний баланс

Сонячні батареї JA Solar на 325 Вт з кутом нахилу 25 градусів

В налаштуваннях розміщення сонячних панелей міняємо кут нахилу на 25 градусів, та за допомогою програми порахуємо оптимальну відстань між рядками. Дані з налаштуваннями сонячних батарей зображено на рисунку 3.34

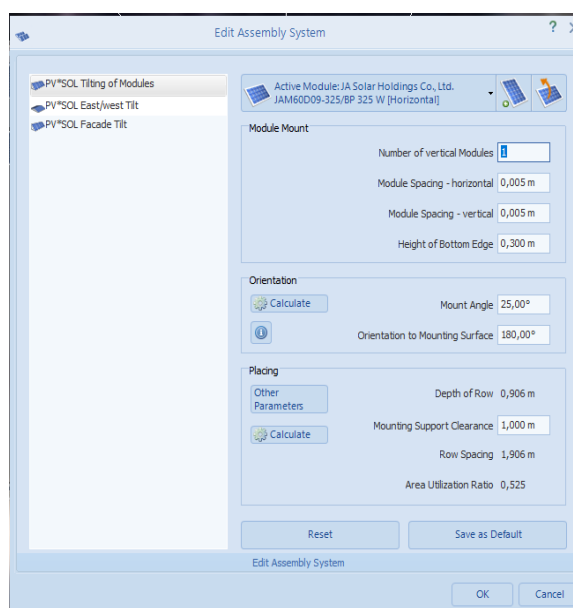


Рисунок 3.34 – Налаштування сонячних батарей

При заданій конфігурації сонячних панелей ми зможемо розмістити на

даху гуртожитка 213 сонячних панелей, з загальною потужністю 69,23 кВт, це на 1 кВт менше ніж при куту нахилу в 20 градусів. Загальний вигляд сонячної станції зображено на рисунку 3.29. Батареї на яких річне сонячне затемнення було більше 10% навколо ліфтових шахт було прибрано, для максимально продуктивної роботи сонячної станції.

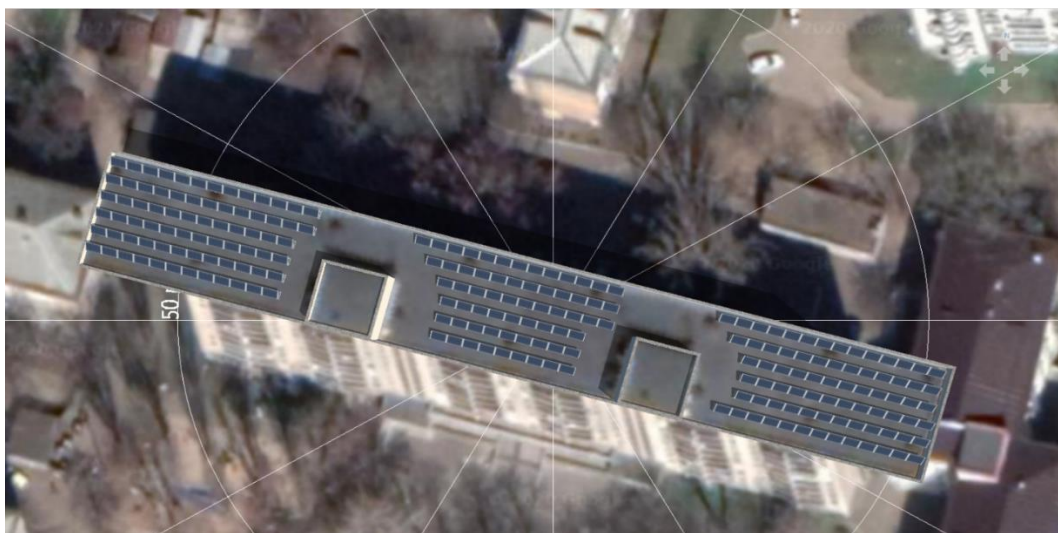


Рисунок 3.35 – Розташування сонячних батарей при куті 25 градусів

Після річної симуляції сонячна станція на 69,23 кВт при куті нахилу 25 градусів може виробити 76 809 кВт за рік. Це на 500 кВт менше ніж попередній результат, при куті нахилу в 20 градусів. Це зумовлено за рахунок меншої кількості панелей на станції. Остаточні дані зображено на рисунку 3.36 та 3.37

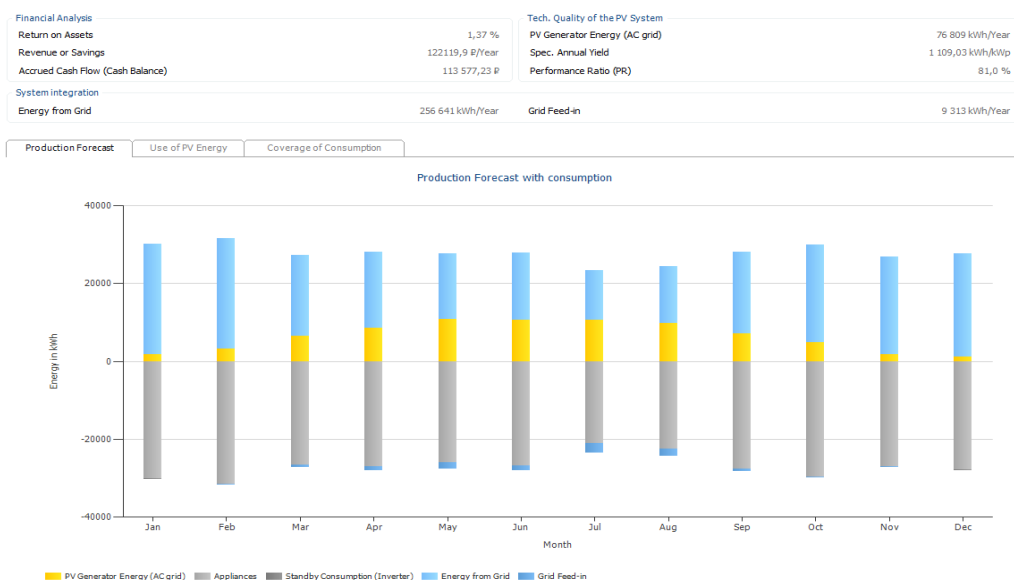


Рисунок 3.36 – Помісячна генерація сонячної станції

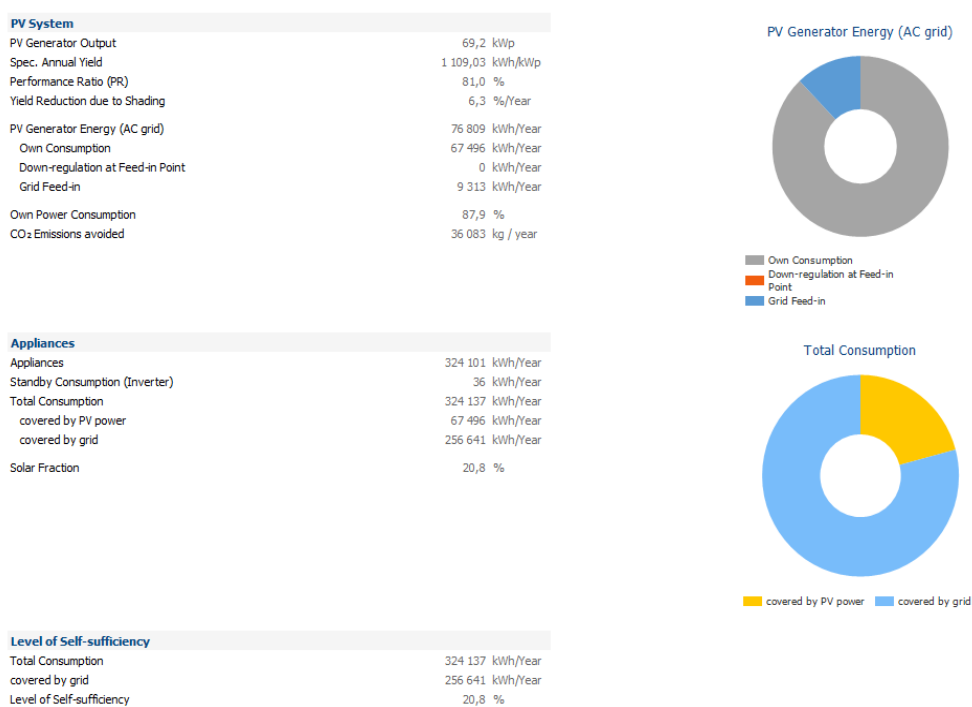


Рисунок 3.37 – Результати розрахунків в програмі PV Sol

Енергетичний баланс по виробленій та спожитій електроенергії зображено на рисунку 3.38

Energy Flow Graph
Project: Радзівіл спецпитання 15

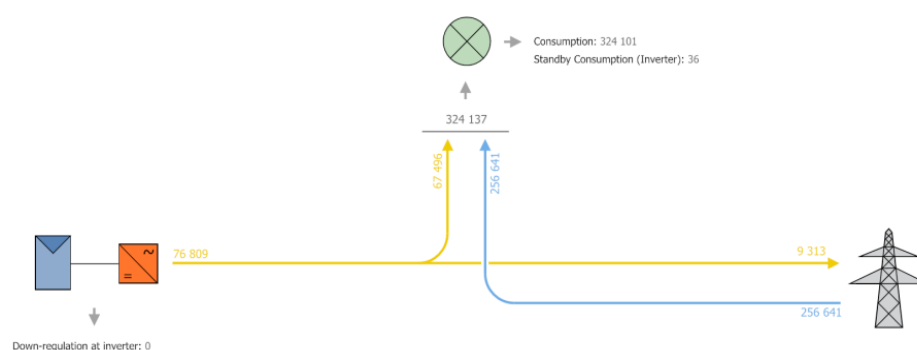


Рисунок 3.38 – Енергетичний баланс

Основні дані досліджень занесені в табл. 3.1

Таблиця 3.1 – Результати досліджень

Сонячна панель	Кут нахилу, градуси	Потужність, Вт	Кількість панелей, шт	Потужність, кВт	Річна генерація, кВт/рік	Різниця, кВт/рік
Canadian Solar	20	360	186	66,96	72 527	-4475
Ja Solar	20	325	217	70,53	77 002	0
	15	325	222	72,15	78 245	+1243
	25	325	213	69,23	76 809	-193

3.1.6 Термін окупності

Для розрахунку терміну окупності за приклад візьмемо другий варіант, сонячні батареї компанії JA Solar та інвертори Fronius. Кут нахилу панелей 15 градусів. Річне споживання електроенергії гуртожитком за 2019 рік складає 324101кВт.

При встановленні сонячної електростанції, ми зможемо зекономити 78245 кВт щорічно. Тариф на електроенергію для гуртожитку №22 КПІ ім. Ігоря Сі-

корського складає 0,9 грн/кВт, тому розрахуємо річну економію в грошовому еквіваленті:

$$E = 78245 \cdot 0,9 = 70421 \text{ грн/рік}$$

Ціна за 1 сонячну панель JA Solar складає 3477 грн. Ціна за 1 мережевий інвертор марки Fronius складає 85540 грн. Ціна за каркас та монтажні роботи буде складати 20% від вартості обладнання.

Отже, ціна сонячної станції буде складати:

$$Ц = ((3477 \cdot 222) + (85540 \cdot 3)) \cdot 1,2 = 1234216 \text{ грн}$$

Тоді простий термін окупності:

$$T = \frac{Ц}{E} = \frac{1234216}{70421} = 17,1 \text{ років}$$

Отже, можна зробити висновок, що в даній роботі ми за допомогою програмного середовища PV Sol 2020 Premium було зпроектовано сонячну станцію на даху гуртожитка №22 КПП ім Ігоря Сікорського. Також було побудовано 3-D модель та розрахували річну генерацію сонячних батарей. Для порівняння результатів ми взяли сонячні панелі марки Canadian Solar на 360 Вт та JA Solar на 325 Вт. Всі панелі ми розмістили на даху гуртожитку на спеціально побудованому каркасі під кутом 20 градусів. За рахунок різних розмірів сонячних панелей ми отримали різну кількість сонячних батарей на даху гуртожитку. Також потрібно було врахувати річне сонячне затемнення панелей через невелику відстань між рядами та наявність ліфтових шахт на даху. Панелі із затемненням більше 10% прибирались для кращої річної генерації, тому ми отримали наступні результати: панелі Canadian Solar на 360 Вт – 186 штук загальною потужністю 66,96 кВт та річною генерацією – 72 527 кВт/рік; панелі JA Solar на 325 Вт – 217 штук загальною потужністю 70,53 кВт та річною генерацією 77 002 кВт/рік.

Для подальшого дослідження було обрано панелі JA Solar. Було проведено дослідження, в якому ми міняли кут нахилу панелей і рахували річну генерацію при нових налаштуваннях. При куті нахилу 15 градусів ми отримали 222 панелі загальною потужністю 72,15 кВт, та річною генерацією 78 245 кВт/рік.

При куті нахилу 25 градусів ми отримали 213 панелей загальною потужністю 69,23 кВт, та річною генерацією 76 809 кВт/рік.

Загалом ми обрали панелі з кутом нахилу 15 градусів та відстанню між рядами в 1 метр. Це варіант з найкращою річною генерацією сонячного світла і простий термін окупності склав 17 років що для даного заходу є допустим.

Також якщо б можна було б продавати всю вироблену електроенергію через «зелений тариф» термін окупності значно був би менший. Але через нестабільну фінансову ситуацію на ринку України можна прогнозувати підвищення тарифів на електроенергію що суттєво зменшить термін окупності даного заходу.

3.2 Імітаційне моделювання енергії сонця в програмному середовищі TSOL

3.2.1 Вступ

Клімат нашої планети визначає сонячна енергія. Потік її змінюється протягом року в залежності від широти місцевості й обумовлює різницю температур, вологості, тиску і вітру на Землі.

Україна розташована у Центральній-Східній Європі, у південно-східній частині Східноєвропейської рівнини. Сонячна енергія, що реально надходить за три дні на територію України, перевищує енергію всього річного споживання електроенергії в нашій країні. Середньорічний потенціал сонячної енергії в Україні (1235 кВт год/м) є достатньо високим і набагато вищим ніж наприклад в Німеччині - 1000 кВт год/м чи навіть Польщі - 1080 кВт год/м .

Отже, ми маємо хороші можливості для ефективного використання теплоенергетичного обладнання на території України. «Ефективне використання» означає, що геліоустановка працюватиме з віддачею в 50% і більше, а це 9 місяців в південних областях України (з березня по листопад), і 7 місяців - в північних областях (з квітня по жовтень). Взимку ефективність роботи падає але

не зникає. Отже і в умовах нашого клімату сонячні системи працюють цілорічно, правда тільки що з перемінною ефективністю.

3.2.2 Програмне забезпечення

В даній роботі ми будемо використовувати програмне забезпечення T SOL. T SOL - це програма для моделювання, за допомогою якої ми можемо розрахувати вихід теплової сонячної системи. Незалежно від того, для обігріву води, для опалення, для басейнів чи для переробки тепла, за допомогою T SOL ми можемо оптимально розробити заплановану сонячну теплову систему, розмірні накопичувачі та колекторні решітки (також східні / західні дахи) та визначити економічну ефективність.



T*SOL®

Рисунок 3.39 – Логотип T SOL

3.2.3 Вхідні параметри моделі

У вихідних параметрах для моделювання необхідно вибрати тип системи, вказати кліматичну зону, вибрати місто в якому знаходиться досліджуваний об'єкт та вказати параметри мережі. Потрібно вказати теплоспоживання за 2019

рік, вибрати об'єкт з графіком навантаження, максимально схожий на гуртожиток.

Вибираємо тип системи, в нашому випадку це сонячні колектори з централізованим водопостачанням. Вибір типу системи зображено на рисунку 3.40.

Програма має свою базу кліматичних даних, тому в налаштуваннях вибираємо кліматичні дані для міста Києва. На рисунку 3.41 зображено вибір кліматичних даних.

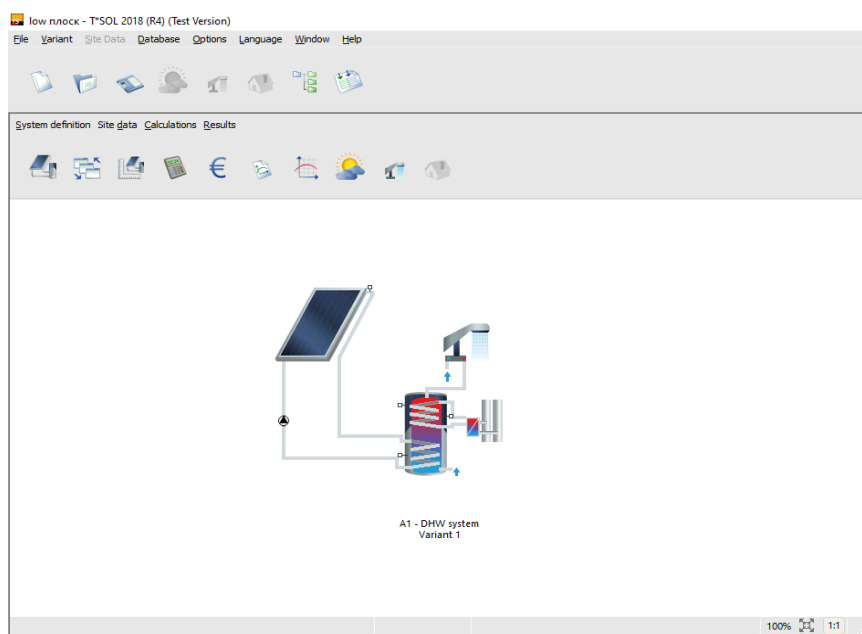


Рисунок 3.40 – Вибір типу системи

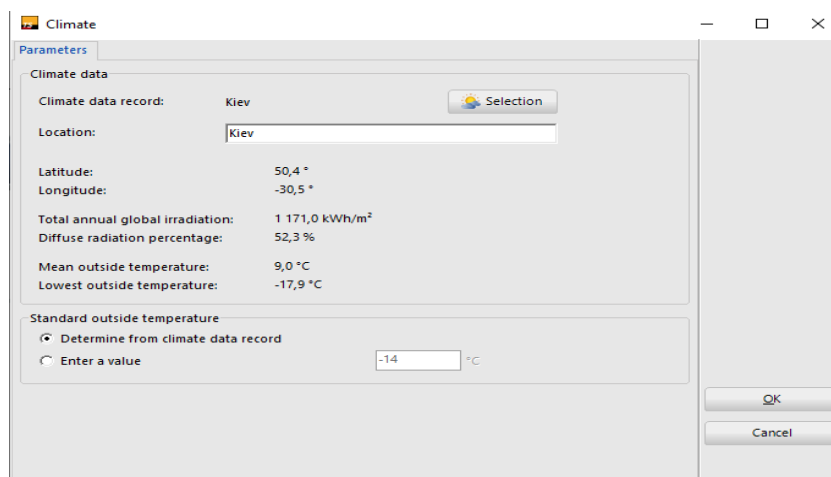


Рисунок 3.42 – Вибір кліматичних даних

Для правильного моделювання нам потрібно вибрати тип будинку з споживанням максимально схожим з нашою будівлею, TSOL має свій набір адміністративних та житлових будівель зі споживанням. Вибираємо «Студентський гуртожиток без кафетерії». Бачимо графік споживання, пік припадає на ранок та вечір, що максимально відповідає споживанню гуртожитку. На рисунку 3.43 зображено вибір типу споживання будинку.

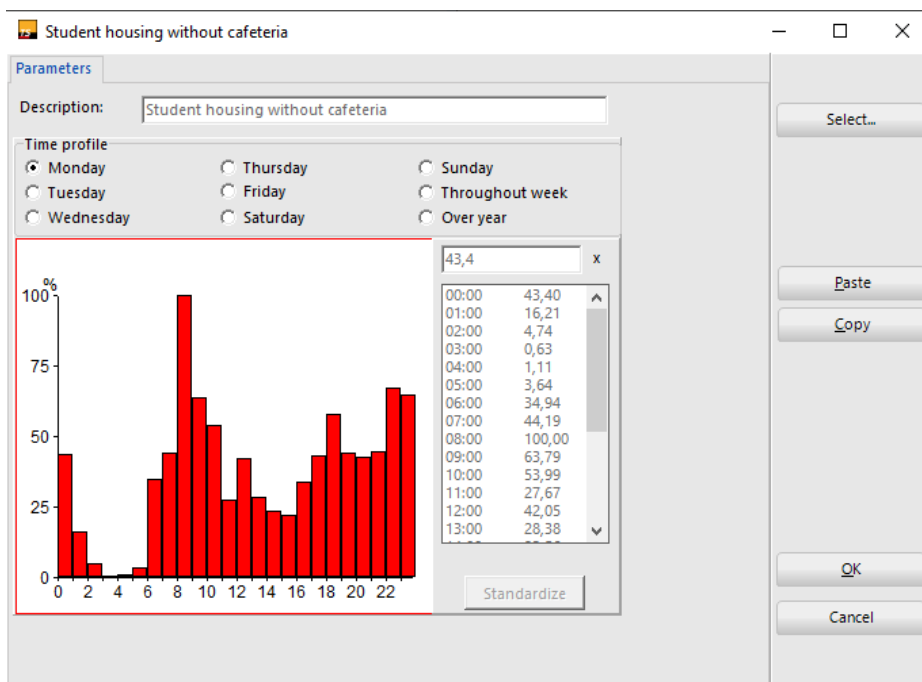


Рисунок 3.43 – Вибір споживання гуртожитку

Споживання гуртожитком гарячої води за даними з центру енергоменеджерів КПІ ім. Ігоря Сікорського в 2019 році склало 410 Гкла/рік. В програмному середовищі записуємо дані по споживанню, але в кВт/год, при перерахунку вийшло 477 056 кВт/год. Температура холодної води у Лютому буде складати 5,5 у Серпні 12,5. Температура гарячої води – 55. На рисунку 3.44 зображено параметри гарячої води.

Рисунок 3.44 – Параметри гарячої та холодної води

Для проведення дослідження, будемо використовувати 2 типи сонячних колекторів – плоскі та вакумні. Плоскі колектори марки Vaillant, вакумні – ALTEK [19]. Колектори будуть розташовуватися на даху гуртожитку, на спеціально побудованому каркасі під кутом 30 градусів, з орієнтацією на південь.

TSOL дозволяє прораховувати три варіанти сонячної генерації – на 45%, 65%, 85%. В даному дослідженні було використано два перших випадки на 45% та 65%, так як третій варіант потребує великої площі для розміщення сонячних колекторів.

Плоский колектор, сонячне заміщення – 45%

В нашому дослідженні використовуються сонячні колектори марки Vaillant auroTHERM VFK 140D. При сонячному заміщенні на 45% нам необхідно 159 колекторів загальною площею 399 м². На рисунку 3.45 зображено вибір сонячних колекторів.

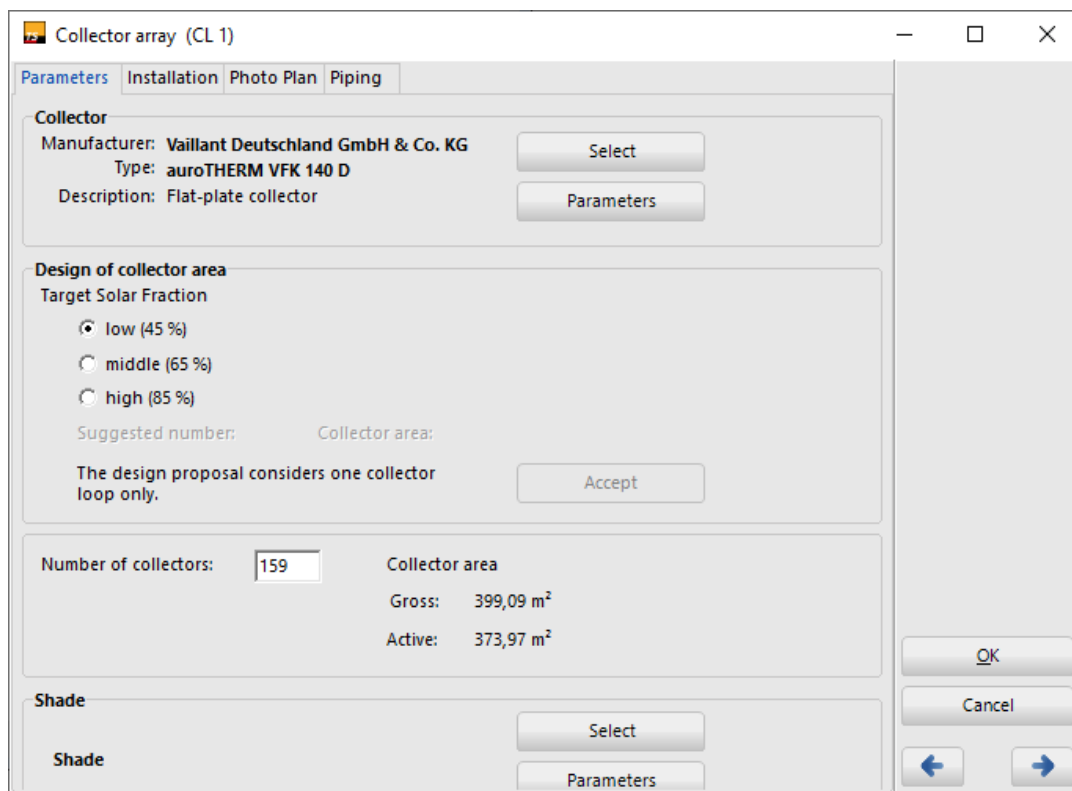


Рисунок 3.45 – Вибір сонячних колекторів

Плоский сонячний колектор auroTHERM VFK 140 (рис. 3.43) призначений для роботи в класичних сонячних системах, які працюють під тиском. Алюмінієво-мідний абсорбер і екстра-міцне рифлене скло з селективним покриттям для ефективного поглинання сонячної енергії допомагаю колектору працювати максимально ефективно.

Особливості:

1. Плоский сонячний колектор з гомогенною поверхнею скла, площа брутто 2,51 м²
2. Високоміцне рифлене скло товщиною 3,2 мм
3. Алюмінієва рама, пофарбована в чорний колір
4. Установка на похилу або горизонтальну дах, на фасад або на землю



Рисунок 3.46 – Сонячний колектор Vaillant auroTHERM VFK 140

3.2.4 Вихідні параметри моделі

Після річної симуляції ми отримали наступні результати – 236 340 кВт зможє виробляти наша станція або 203 Гкал/рік. Так як площа даху дозволяє нам розмістити більше сонячних колекторів ми можемо розглянути варіант із заміщенням на 65%. На рисунках 3.47 та 3.48 зображені результати річної симуляції при заміщенні на 45%.

Можемо спостерігати що найкращі місяці будуть з квітня по жовтень з найбільшим світловим днем. В період з серпня по середину жовтня виробництво гарячої води буде повністю за рахунок станції. У всі інші місяці потрібно буде догрівати від ТЕЦ.

Variant 1

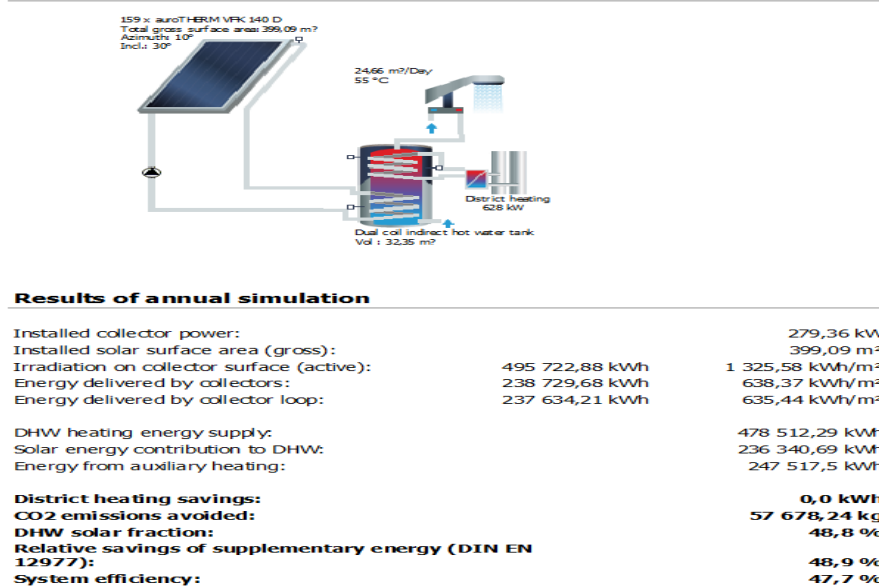


Рисунок 3.47 – Робоче вікно програми TSOL

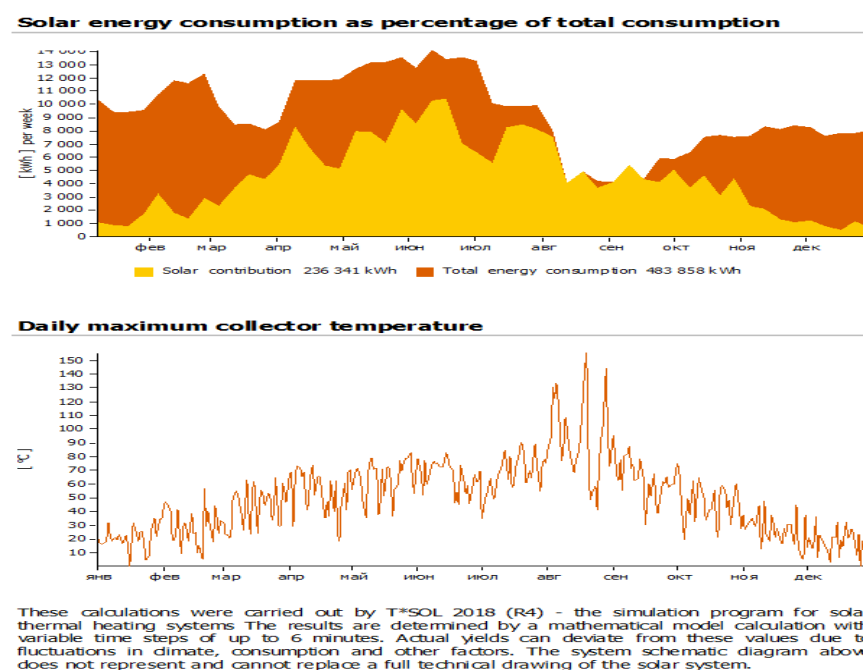


Рисунок 3.48 – Графік вироблення теплової енергії та максимальної температури на колекторах

Плоский коллектор, солнечное замещение – 65%

В цьому дослідженні будуть використовуватися ті самі сонячні колектори що і в попередньому варіанті але вже із більшою часткою заміщення. Для замі-

щення на 65% нам необхідно 221 сонячний колектор загальною площею 554,7 м². На рисунку 3.49 зображено параметри сонячних колекторів.

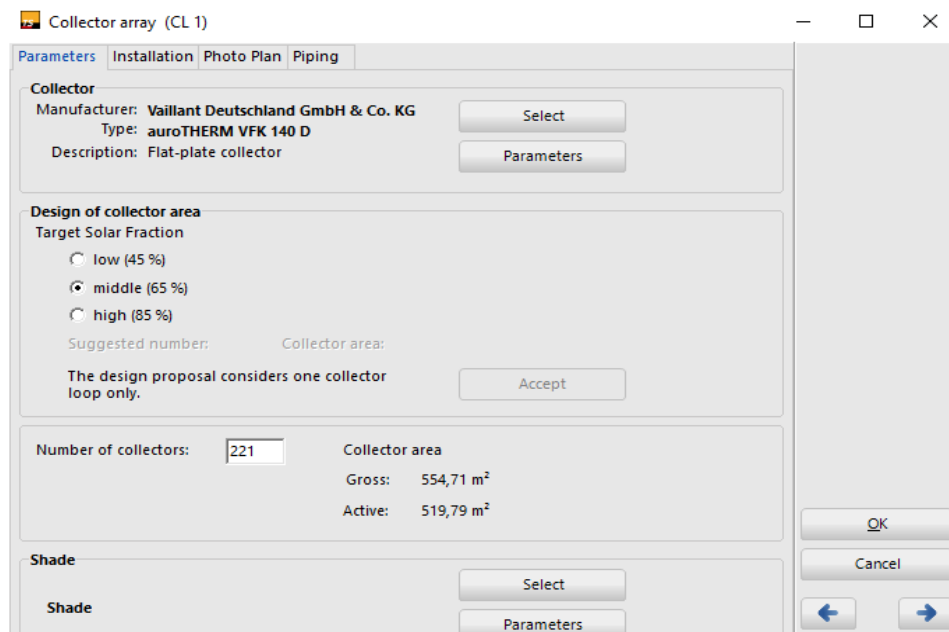


Рисунок 3.49 – Робоче вікно програми TSOL

Після річної симуляції заміщення ГВП на 65% ми отримали наступні результати – 278 300 кВт/год або 239,33 Гкал/рік. Даний результат є цілком задовільним в наших умовах, тому даний варіант можна розглядати з точки зору перспективи на майбутнє. З метою провести повне дослідження ми замінемо плоскі сонячні колектори на вакуумні і побачимо різницю, після якої зробимо висновки, які сонячні колектори кращі у нашому випадку. Результати заміщення ГВП на 65% зображено на рисунку 3.50 та 3.51

Variant 1

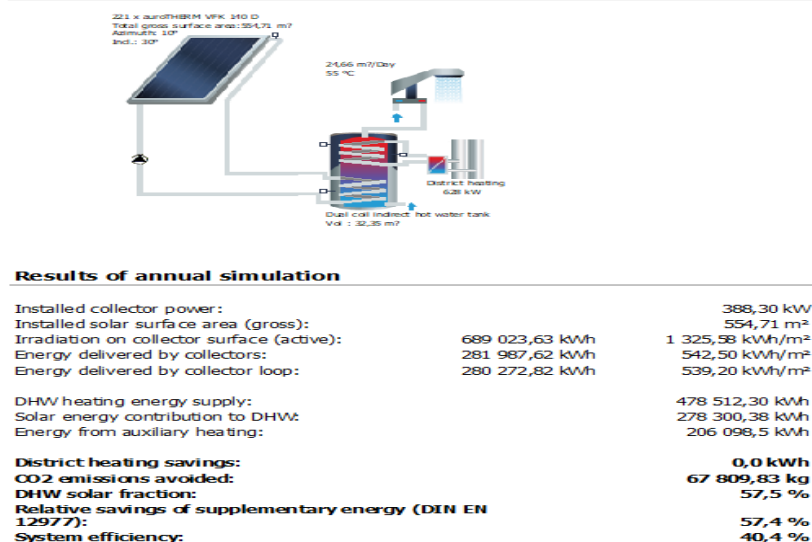


Рисунок 3.50 – Робоче вікно програми TSOL

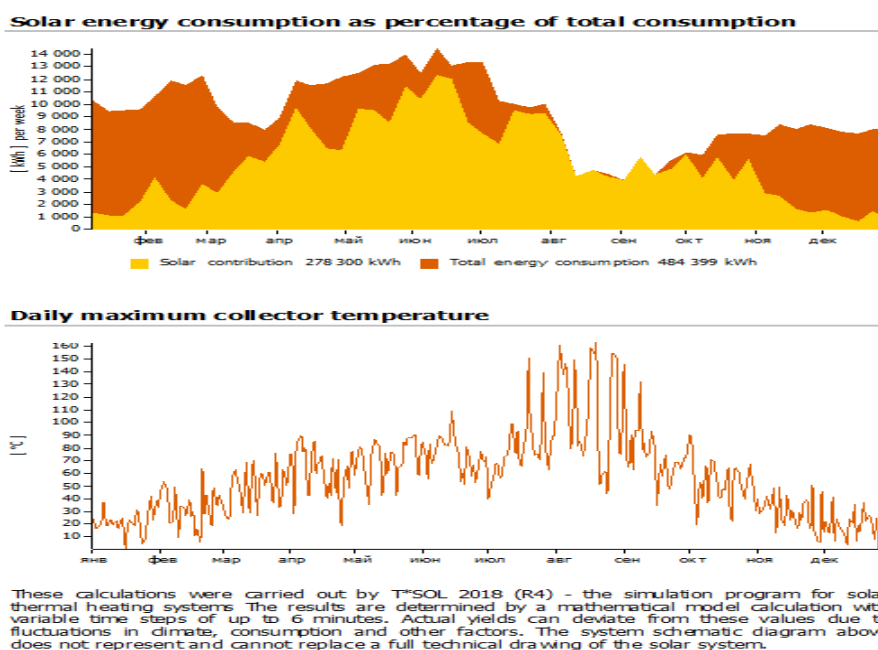


Рисунок 3.51 – Графік вироблення теплової енергії та максимальної температури на колекторах

Можемо побачити що сонячні колектори дійсно замінюють нам ГВП майже на 100% у серпні, вересні і жовтні. Це пов'язано з більшим світловим днем порівняно із зимовими місяцями.

Вакумний колектор, сонячне заміщення – 45%

В цьому дослідженні використовуються вакумні сонячні колектори марки ALTEK SC-LH2-20. При сонячному заміщенні на 45% нам необхідно 132 колек-

ктора загальною площею 343,2 м². На рисунку 3.52 зображено вибір сонячних колекторів.

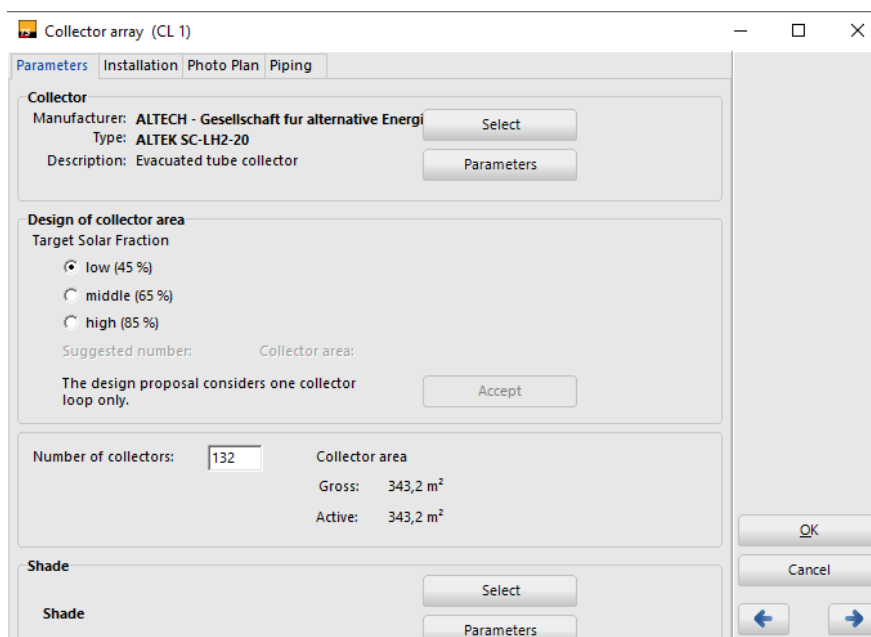


Рисунок 3.52 – Вибір сонячних колекторів

Вакуумні сонячні колектори ALTEK ідеальні для застосування в цілорічному режимі роботи в будь-яких кліматичних зонах. Основне призначення вакуумних сонячних колекторів – нагрів гарячої води і підтримки систем опалення. Для сонячних колекторів ALTEK характерні висока продуктивність в літній і зимовий час [19].

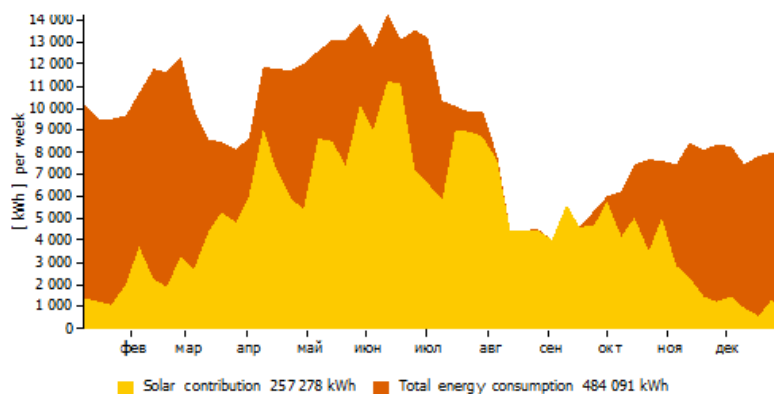
Геліосистеми ALTEK забезпечують від 30 % до 90 % потреби в гарячій воді і до 30% опалення. Термін експлуатації – 25 років, гарантія на системи до 15 років. Використовуючи обладнання ALTEK, користувач має можливість значно знизити свої витрати на нагрів гарячої води, а також збільшити термін служби основного котельного обладнання, відключивши його в літній період.



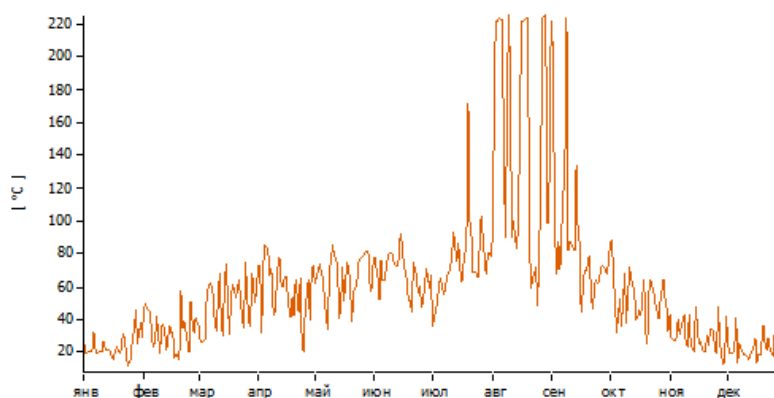
Рисунок 3.53 – Вакумний сонячний колектор ALTEK

Результати розрахунків зображено на рисунках 3.54 та 3.55

Solar energy consumption as percentage of total consumption



Daily maximum collector temperature



These calculations were carried out by T^{SOL} 2018 (R4) - the simulation program for solar thermal heating systems. The results are determined by a mathematical model calculation with variable time steps of up to 6 minutes. Actual yields can deviate from these values due to fluctuations in climate, consumption and other factors. The system schematic diagram above does not represent and cannot replace a full technical drawing of the solar system.

Рисунок 3.54 – Графік вироблення теплової енергії та максимальної температури на колекторах

За графіком на рисунку 3.48 можемо спостерігати, що вироблення теплової енергії в зимовий період року є малоефективним, це зумовлено коротким світловим днем, та низькою температурою навколишнього середовища. В літній період часу станція досягає своєї максимальної ефективності тому повністю покриває споживання гарячої води у серпні, вересні та жовтні.

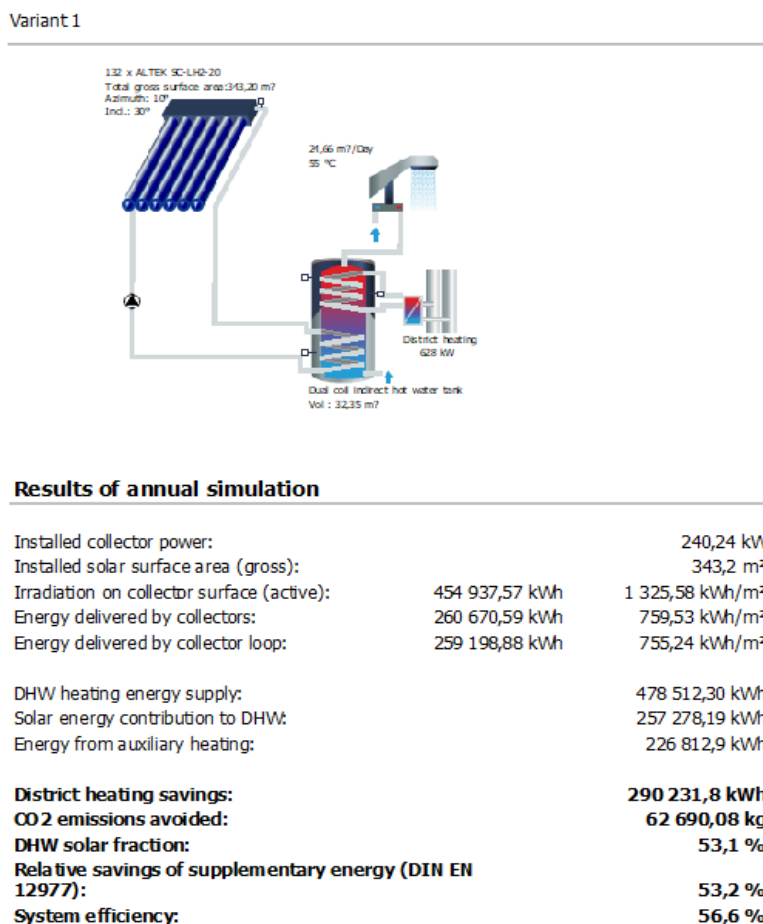


Рисунок 3.55 – Результати річної симуляції

Отже, сонячна геліосистема з розрахунком заміщення на 45% зможе виробити 290 231 кВт год або 249,6 Гкал/рік. Це половина від всього споживання ГВП, що цілком задовольняє наші потреби, але так як площа даху дозволяє нам розмістити більшу кількість сонячних колекторів, ми можемо розрахувати систему із заміщенням на 65%.

Вакуумний колектор, сонячне заміщення – 65%

В цьому дослідженні будуть використовуватися ті самі сонячні колектори що і в попередньому варіанті але вже із більшою часткою заміщення. Для замі-

щення на 65% нам необхідно 260 сонячних колекторів загальною площею 676 м². На рисунку 3.56 зображено параметри сонячних колекторів.

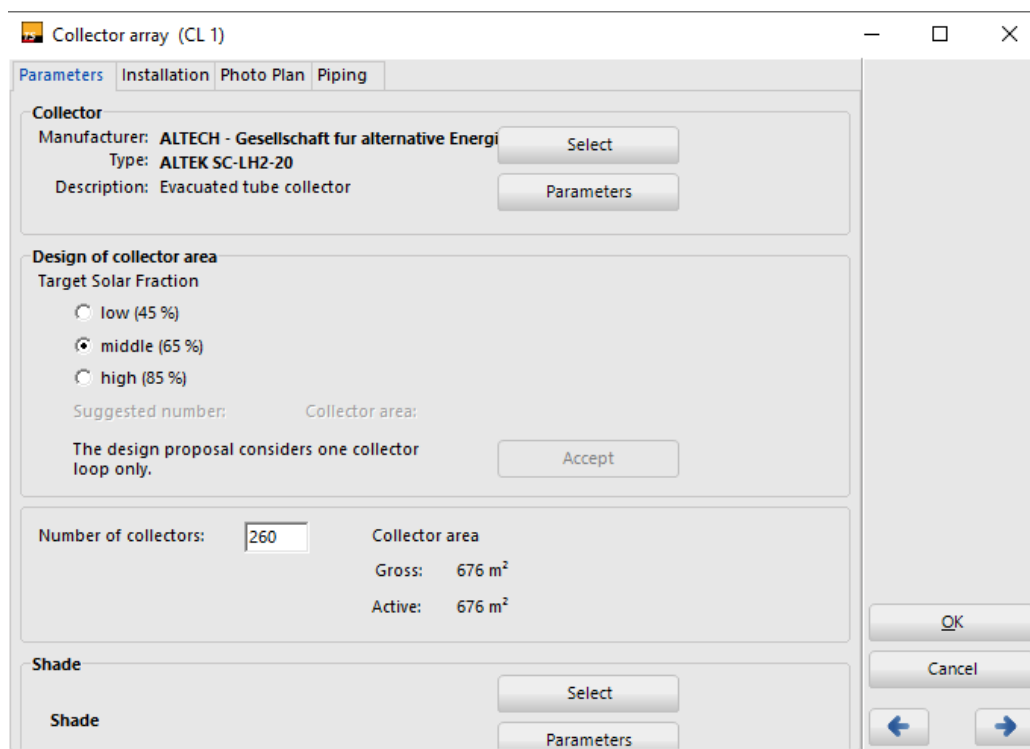


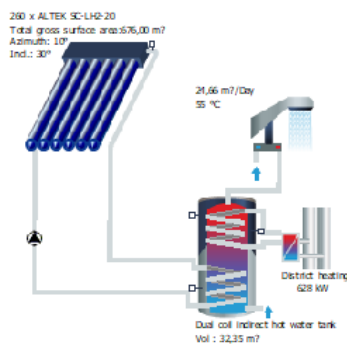
Рисунок 3.56 – Вибір сонячних колекторів

Так як площа даху у нас складає 1195 м² теоретично ми можемо розмістити там більше сонячних колекторів, але на даху розташовуються ліфтові шахти які будуть перешкоджати попаданню сонячних променів на сонячні колектори що буде негативно впливати на роботу всієї системи.

Також сонячні колектори обладнані автоматикою яка контролює температуру теплоносія у трубках колектора, щоб теплоносії не закипів і не вивів з ладу систему. В даних вакуумних сонячних колекторах ALTEK теплоносієм служить антифриз.

Результати розрахунків та річної симуляції зображено на рисунках 3.57 та 3.58

Variant 1



Results of annual simulation

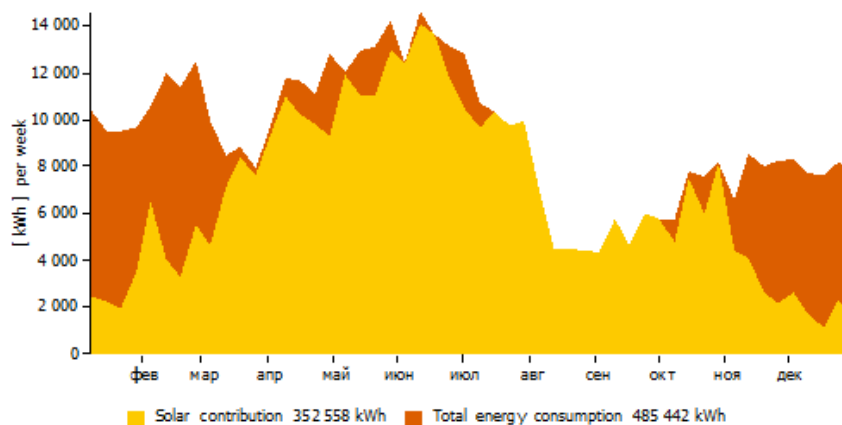
Installed collector power:		473,20 kW
Installed solar surface area (gross):		676 m²
Irradiation on collector surface (active):	896 089,15 kWh	1 325,58 kWh/m²
Energy delivered by collectors:	361 642,15 kWh	534,97 kWh/m²
Energy delivered by collector loop:	356 669,42 kWh	527,62 kWh/m²
DHW heating energy supply:		478 512,30 kWh
Solar energy contribution to DHW:		352 557,51 kWh
Energy from auxiliary heating:		132 884,9 kWh
District heating savings:		395 779,1 kWh
CO₂ emissions avoided:		85 488,30 kg
DHW solar fraction:		72,6 %
Relative savings of supplementary energy (DIN EN 12977):		72,6 %
System efficiency:		39,3 %

Рисунок 3.57– Результати річної симуляції

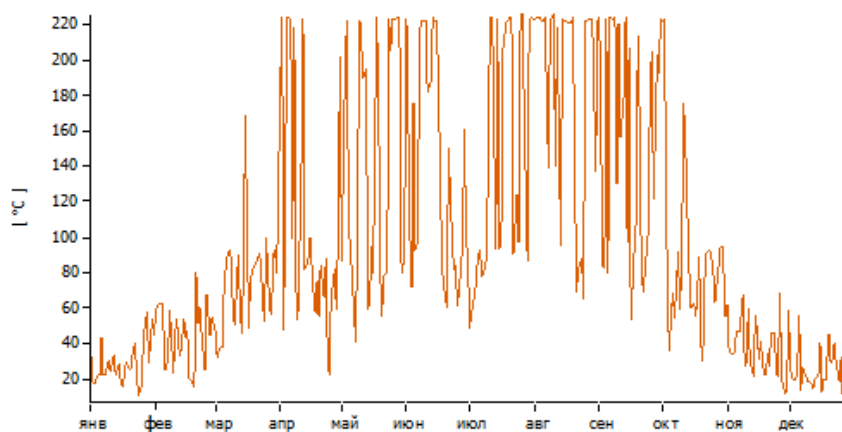
Отже, сонячна геліосистема з розрахунком заміщення на 65% зможе виробити 395 779 кВт год або 340,4 Гкал/рік. Це 70% від всього споживання ГВП, що цілком задовольняє наші потреби.

Для повного заміщення ГВП або на 85% потрібна більша площа даху, а в нашому випадку розташовуються ліфтові шахти які будуть заважати встановити сонячні колектори. Тому даний результат можна рахувати максимальним з точки зору заміщення ГВП.

Solar energy consumption as percentage of total consumption



Daily maximum collector temperature



These calculations were carried out by T*SOL 2018 (R4) - the simulation program for solar thermal heating systems. The results are determined by a mathematical model calculation with variable time steps of up to 6 minutes. Actual yields can deviate from these values due to fluctuations in climate, consumption and other factors. The system schematic diagram above does not represent and cannot replace a full technical drawing of the solar system.

Рисунок 3.58 - Графік вироблення теплової енергії та максимальної температури на колекторах

За графіком на рисунку 4.19 можемо спостерігати, що вироблення теплової енергії в зимовий період року є малоефективним, це зумовлено коротким світловим днем, та низькою температурою навколишнього середовища. В літній період часу станція досягає своєї максимальної ефективності тому повністю покриває споживання гарячої води у липні, серпні, вересні та жовтні.

Основні дані дослідження занесемо в табл. 3.2

Таблиця 3.2 – Основні розрахунки дослідження

Назва колектора	Тип колектора	% заміщення	Кількість колекторів, шт	Загальна площа, м ²	Річна генерація, Гкал/рік
Vaillant auroTHERM VFK 140	Плоский	45	159	399	203
		65	221	554	239
ALTEK SC-LH2-20	Вакуумний	45	132	343	249
		65	260	676	340

3.2.5 Термін окупності

Для розрахунку терміну окупності за приклад візьмемо другий варіант, сонячні колектори компанії ALTEK. Кут нахилу панелей 30 градусів. Річне споживання ГВП гуртожитком за 2019 рік складає 410 Гкал/рік.

При встановленні сонячної геліосистеми, ми зможемо зекономити 340 Гкал/рік. Тариф на теплову енергію за 1 Гкал/рік для гуртожитку №22 КПІ ім. Ігоря Сікорського складає 1654 грн/Гкал, тому розрахуємо річну економію в грошовому еквіваленті:

$$E = 340 \cdot 1654 = 562\,360 \text{ грн/рік}$$

Ціна за 1 сонячний колектор ALTEK складає 13805 грн. Ціна за контролер для сонячної системи складає 7000 грн. Ціна за бак накопичувач на 10 000 літрів складає 190 000 грн. Ціна за каркас та монтажні роботи буде складати 20% від вартості обладнання.

Отже, ціна сонячної станції буде складати:

$$Ц = ((13805 \cdot 260) + (190000 \cdot 3) + 7000) \cdot 1,2 = 4\,999\,560 \text{ грн}$$

Тоді простий термін окупності:

$$T = \frac{Ц}{E} = \frac{4999560}{562360} = 8,5 \text{ років}$$

Висновки до розділу

В даній роботі ми за допомогою програмного середовища TSol 2018 зпроектували сонячну геліосистему для ГВП на даху гуртожитка №22 КПІ ім Ігоря Сікорського.

Для проектування ми взяли 2 види сонячних колекторів – плоскі та вакуумні і порівняли їх. Дана програма дозволяє проектувати сонячну систему з заміною ГВП на 45%, 65%, 85%. Ми в своєму дослідженні використовували тільки перших два варіанти так як варіант з 85% потребує більшої площі аніж дах нашої будівлі. Всі колектори розташовувалися на даху гуртожитка, на спеціально побудованому каркасі під кутом 30 градусів, з орієнтацією на південь.

В дослідженні використовувались плоскі колектори марки Vaillant auroTHERM VFK 140. При заміщенні на 45% нам необхідно було 159 колекторів загальною площею 399 м² і річною генерацією 203 Гкал/рік. При заміщенні на 65% - 221 колектор загальною площею 554 м² і річною генерацією 239 Гкал/рік.

Для порівняння результатів було проведено дослідження з вакуумними колекторами марки ALTEK SC-LH2-20. При заміщенні на 45% нам необхідно було 132 колекторів загальною площею 343 м² і річною генерацією 249 Гкал/рік. При заміщенні на 65% - 260 колектор загальною площею 676 м² і річною генерацією 340 Гкал/рік.

Простий термін окупності склав всього 8,5 років, що при необхідному інвестивуванні є допустимим, а у звязку нестабільною ситуацією в країні та постійне підвищення тарифів на теплову енергією термін окупності може бути ще меншим.

4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ

Гуртожиток знаходиться на балансі студмістечка КПІ ім. Ігоря Сікорського, за проведення моніторингу енергоспоживання відповідає Служба енергоменеджменту КПІ, головним енергоменеджером якого є Шевченко Олена Миколаївна.

Головними напрямками діяльності Служби енергоменеджменту є:

- Організація взаємодії університету з питань тарифної політики, обліку спожитих енергоресурсів з «Київенерго», «Київводоканалом» та іншими енергопостачаючими організаціями.
- Визначення програми інвестування для зниження енергоспоживання і забруднення навколишнього середовища.
- Організація робіт щодо завершення створення автоматизованої системи контролю і обліку енергоресурсів в університеті.
- Активна участь у створенні та впровадженні в життя енергетичної політики університету
- Впровадження економічно ефективних шляхів забезпечення системи управління енергоспоживанням з урахуванням екологічних аспектів.

Для підвищення ефективності роботи співробітників служби енергоменеджерів пропонується розробка програмного продукту для автоматизованого моніторингу і аналізу даних. Для кожної будівлі що знаходиться на балансі університету, доцільним є занесення наступної інформації:

- Перелік постачальників енергоресурсів;
- Перелік будівель, що використовуються закладом та споживають енергоресурси;
- Площа та об'єм будівель;
- Договірне та фактичне навантаження на опалення, гаряче водопостачання, вентиляцію;
- Договірне та фактичне навантаження на електроспоживачів;

- Договірне та фактичне споживання води;
- Договірне та фактичне споживання інших видів палива;
- Кількість відвідувачів та персоналу;
- Режим роботи закладу;
- Узагальнені показники енергоспоживання закладу;
- Перелік точок вводу енергоресурсів та інформація про вузли обліку на цих точках вводу;
- Загальнорічні показники споживання енергоресурсів по видам.

Після формування бази даних основних споживачів енергоресурсів в бюджетній сфері запроваджується система моніторингу споживання енергоресурсів як складова системи енергетичного менеджменту. Система передбачає безперервний збір та аналіз даних про споживання енергоресурсів, енергетичні характеристики будівель та заплановані або виконані роботи з реконструкції, модернізації та капітального ремонту.

Рекомендовано впроваджувати систему моніторингу, що передає дані з лічильників та давачів в повністю автоматизованому режимі.

Мінімальний перелік даних, що збирається під час моніторингу складає:

- Теплова енергія (споживання за період);
- Електрична енергія (споживання за період);
- Природний газ (споживання за період);
- Тверде паливо (з вказанням калорійності);
- Холодна та гаряча вода (споживання за період);
- Температура гарячої води в подавальному і циркуляційному трубопроводах (середня температура за період);
- Внутрішня температура принаймні в 2 приміщеннях закладу;
- Зовнішня температура;
- Середньодобова кількість відвідувачів та персоналу за період;
- Інформація щодо планових та позапланових відключень енергопостачання;
- Інформація щодо працездатності вузлів обліку енергоресурсів.

По результатам аналізу надаються рекомендації щодо підвищення ефективності енергоспоживання, які можуть бути враховані під час розробки звітів по енергоаудитам будівель та подання проектів на фінансування.

Важливою складовою побудови ефективної системи енергетичного менеджменту є проведення навчання персоналу, постійний контроль за ефективністю роботи встановленого обладнання, а також інформаційні заходи.

Зважаючи на те що в даній будівлі проживають сімейні пари з дітьми доцільно було б рекомендувати керівництву гуртожитку проводити наступні заходи:

- Конкурси дитячих малюнків щодо збереження довкілля;
- Виховні години для дітей та їх батьків про енергозаощаджувальне використання ресурсів
- Тематичні гуртки
- Встановлення ємностей для збору батарейок, лампочок та макулатури
- Розділення сміття(пластик, скло, органічні відходи)

Висновки до розділу:

В даному розділі ми розглянули систему автоматичного енергомоніторингу. Однією з складових вдалого проекту впровадження системи енергоменеджменту в даній будівлі є аналіз споживання всіх видів енергії. Такий енергомоніторинг дозволить виявити негативні тенденції по енергоспоживанню та вжити заходів з їх усунення, що в підсумку сприятиме підвищенню енергоефективності та захисту довкілля.

5 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ НАПИСАННЯ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ «ALLIANCE»

Ідея стартап-проекту полягає у створенні мобільного додатку для жителів житлових комплексів (ЖК) і керівників компанії. Додаток Alliance - це онлайн платформа для мешканців, що дозволяє їм взаємодіяти з компанією і контролювати управління будинком після введення його в експлуатацію. Розглянемо докладніше, як саме ці функції будуть реалізовані в додатку:

1. Покращення збору комунальних платежів
2. Збільшення лояльності жителів
3. Можливість діалогу з жителями через чат
4. Механізм для передачі показань лічильників
5. Безкоштовна розсилка push-повідомлень жителям
6. Повідомлення жителів про новини ЖК
7. Онлайн оплата житлово-комунальних послуг
8. Оформлення заявки на виклик працівників обслуговуючих організацій
9. Керування системами контролю доступу на територію через розсилку QR кодів
10. Доступ до системи відеонагляду

Додаток Alliance буде доступний для завантаження в AppStore, Google Play Market. Власнику квартири не потрібно стояти в черзі - досить відправити запит на реєстрацію прав власності та оперативно отримати зворотній зв'язок з менеджером, який допоможе в оформленні повного пакету документів.

У меню програми є розділ «Документи», куди користувач може завантажувати договори, рахунки та інші офіційні папери. Це зручний і надійний функціонал для зберігання файлів.

Розділ «Послуги» містить категорії, необхідні для комфортного проживання: виклик сантехніка, електрика або майстра по будинку. Також можли-

вість замовлення таксі або продуктів з магазину. Для користувачів програми діє програма лояльності, яка дозволяє отримати приємні ціни на послуги і товари.

Розділ «Видача пропуску» передбачає собою видачу одноразового QR коду для входу на територію житлового комплексу. Це зроблено з метою суттєво заощадити час, щоб не виходити на вулицю а просто відправити QR код для входу кур'єрам, друзям, таксі і тд.

Також буде розроблено зручний сервіс для оплати комунальних послуг. На етапі проектування комплексу було організовано дистанційну передачу показань лічильників через мобільний додаток. Більше не потрібно вводити всі дані по рахунках - вони автоматично завантажуються в ваш особистий кабінет.

Спілкуватися з сусідами, обговорювати рішення з благоустрою - для цього працюватиме розділ «Ідеї», де мешканці будинку зможуть шляхом голосування приймати або відхиляти рішення. Кожен житель може висунути ініціативу, і якщо її підтримають понад 70% інших жителів, вона реалізується.

Таким чином даний додаток вирішить низку важливих питань, а саме: зниження експлуатаційних витрат (адаптивне управління споживачами електроенергії, тепла і холоду), контроль наднормативних витрат; моніторинг інженерних об'єктів; визначення інцидентів і аварійних ситуацій; зниження кількості скарг мешканців і орендарів; можливість жителів залигати онлайн заявки на обслуговування. І найважливіше, додаток зекономить Ваш час, адже тепер Вам не потрібно буде стояти в чергах для оплати послуг, чи йти в магазин для купувати продукти, все це можна буде зробити через мобільний додаток.

Даний стартап проект розрахований більше на ново забудови та житлові комплекси де основну частину мешканців складає молоде покоління, але це передбачає собою розвиток на перспективу, адже будь яке рішення не може бути універсальним, а націлене на конкретного споживача.

Фінансовий прибуток буде отримуватися від обслуговуючої організації (ЖЕК, ОСББ) яке буде брати додаток в оренду за ціною 1грн за 1м² житлового приміщення, компаній-партнерів, проценту від замовлень та реклами в програмному забезпеченні. Основні дані занесемо в табл. 5.1

Таблиця 5.1 - Актуальність та новизна ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди споживача
Створення мобільного додатку для мешканців житлових комплексів за допомогою якого можна буде сплачувати житлово-комунальні послуги, інтернет, прибирання квартир, іншого роду сервісного обслуговування. Також через додаток можна буде залишати заявки на виклик сантехніка, електрика, сервіс-менеджера.	Оплата житлово-комунальних послуг	Цінність продукту для людей полягає у тому що вони зможуть за допомогою однієї програми задовольнити великий спектр своїх послуг.
	Видача одноразових перепусток на територію	Економія часу, та знищення бюрократії
	Доступ до відеонагляду	Використання параметру комфортності як визначального гарантує, що в результаті, кінцеві споживачі отримають однаково якісні умови життя

Ідея створення додатку не є новою але на даний час схожі додатки на AppleStore та PlayMarket не працюють або працюють з великими проблемами. Починаючи від неможливості зареєструватись до неможливості замовлення якої небудь послуги. Тому дана проблема актуальна і на її вирішенні можна отримати прибуток. .

Головною відмінністю від конкурентів буде наявність великого спектру послуг від оплати інтернету до перегляду камер відеонагляду, що також задовольняє потреби обслуговуючих організацій. А видача одноразових перепусток на територію закритого комплексу у вигляді QR коду є взагалі новим на ринку України і не має аналогів.

В ході реалізації стартап-проекту здійснимо SWOT-аналіз потенційних загроз та можливостей реалізації стартап-проекту, визначивши сильні та слабкі сторони, а також його можливості та загрози [38] та занесемо в табл. 5.2

Таблиця 5.2 – Форма для проведення SWOT-аналізу

Фактори	Оцінка середовища		Оцінка підприємства	
	Можливості	Загрози	Сильні сторони	Слабкі сторони
1.Залежні від діяльності підприємства:				
1.1. Можливість виходу на іноземні ринки схожих продуктів	Сучасні всесвітні тенденції спрямовані на перехід до діджиталізації всіх розрахунків, та заощаджування часу людей. Праця Українських спеціалістів коштує дешевше ніж праця робітників в більш розвинених країнах, що робить продукт більш конкурентним	Більша кваліфікованість іноземних спеціалістів, специфіка нормативних та законодавчих баз інших держав, потенційне несприйняття Українського продукту як продукту якісного	Гнучкість обраного продукту	
1.2 Інноваційність продукту	Можливість одному з перших ввійти на новий ринок	Загроза не виникнення цього ринку	Орієнтованість на вирішення актуальної проблеми	Відсутність реальних переваг в умовах давно сформованого ринку
2.Незалежні від діяльності підприємства				
2.1.Відсутність державних проєктів в даному напрямку на даний момент	Можливість ввести на ринок України монополію на обслуговування житлових комплексів	Відсутність гарантій щодо зміни обслуговуючих організацій	Можливість підключати необмежену кількість житлових комплексів	Повна залежність від рішень голосувань мешканців даних житлових комплексів
2.2 Потреба в кваліфікованих кадрах для нормальної роботи підприємства	Рух України за світовими тенденціями в сфері програмування може підштовхнути до збільшення кількості працівників з відповідною кваліфікацією	Сучасна база до появи висококваліфікованих в цій сфері працівників не заохочує, більш кваліфіковані працівники вимагають більшої платні	Можливість навчати персонал самим або за кордоном	

Таблиця 5.3 – Матриця SWOT-аналізу [22]

S (strength) – Сильні сторони	W (weaknesses) – Слабкі сторони
1.Гнучкість обраного продукту 2.Орієнтованість на вирішення актуальної проблеми 3.Цілодобова онлайн підтримка 4.Періодичне інформування користувача 5. Швидке та якісне вирішення проблем	1. Відсутність реальних переваг в умовах давно сформованого ринку 2. Вимагає постійного підключення до мережі інтернет 3. Вимагає проведення навчання персоналу замовника
O (opportunities) – Можливості	T (threats) – Загрози
1.Розвиток програмного забезпечення 2.Можливість одному з перших ввійти на новий ринок 3. Розширення додатку на сусідні країни СНГ, а також Європу 5. Праця Українських спеціалістів коштує дешевше ніж праця робітників в більш розвинених країнах, що робить продукт більш конкурентним	1.Більша кваліфікованість іноземних спеціалістів, специфіка нормативних та законодавчих баз інших держав, потенційне не сприйняття Українського продукту як продукту якісного 2.Загроза не виникнення цього ринку 3. Конкуренція збоку великих ІТ компаній 4. Нестабільне економічне становище в країні через COVID 19

Пропонується розпочати з фірми, що налічуватиме 5 співробітників.

До капітальних витрат відносимо:

- 6 компютерів, орієнтовна ціна 25 000 грн кожен;
- 6 офісних столів ціна 2 000 грн кожен;
- 8 офісних крісел (додаткові крісла для клієнтів) по 1 000 грн;
- подовжувачі 500 грн.
- Написання додатку 250 000 грн

Загальна сума капітальних видатків становить 420 тисяч гривень.

Заробітна плата працівникам 20 000 грн на місяць.

Пропонується розраховувати в середньому на 3 лікарняні на рік для кожного працівника, відшкодування 50% від заробітної платні.

Відпустка 2 рази на рік по 2 тижні з потрійним окладом.

Діяльність пропонується проводити в орендованому офісі, орієнтовною площею 50 квадратних метри, з орендною платою 30 000грн на місяць.

Плата за комунальні послуги не більше 5 000 грн на місяць.

Дані зведено до табл. 5.4

Таблиця 5.4 - Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту [23]

Статті капіталовкладень	Величина, тис. грн.
Прямі затрати на оплату праці виробничих працівників	
– заробітна плата за ставками і тарифами виробничих працівників	100
– премії, заохочення, компенсаційні виплати виробничих працівників	50
– оплата відпусток виробничих працівників	25
– інші витрати невідпрацьованого часу виробничих працівників	12,5
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду – 22% по заробітній платі виробничих працівників	22
Вартість основних фондів та нематеріальних активів виробничого призначення	
– початкова вартість задіяних у виробничому процесі основних засобів та необоротних нематеріальних активів (разом із транспортуванням, установкою та демонтажем)	420
Інші прямі витрати:	
– витрати на дослідження та розробку інноваційних продуктів	10
– витрати на послуги сторонніх підприємств (охорона, реклама оренда тощо)	100
– витрати на оплату комунальних послуг	5
Всього капіталовкладень на реалізацію проекту	744,5

Виходячи з визначення поняття основних фондів, амортизації підлягають лише комп'ютери. Строк експлуатації його приймаємо 3 роки.

Таблиця 5.5 - Обґрунтування вартості амортизаційних відрахувань основних фондів підприємства на 2019 рік [23]

Назва об'єкта основних фондів	Кількість, шт.	Вартість на початок року, грн.	Річна норма амортизації, %	Амортизаційні відрахування в поточному році, грн.				
				I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	За рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Комп'ютер	6	25 000	33	7500	7500	7500	7500	30 000
Всього	6	25 000	33	7500	7500	7500	7500	30 000

Таблиця 5.6 - Обґрунтування прямих інших витрат [24]

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.	
		на місяць	на рік
1. Оренда	Угода	30 000	120 000
всього:		30 000	120 000

Таблиця 5.7 - Загальновиробничі витрати [25]

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.	
		на місяць	на рік
1. Амортизація основних засобів	Таблиця 5.5	2 500	30 000
2. Витрати на комунальні послуги	Розрахунки	3 000	36 000
всього:		5 500	66 00

Умовно-змінних витрат в виробництві немає.

Таблиця 5.8 - Умовно-постійні витрати підприємства [26]

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, тис.грн			
		на од.	на місяць	на квартал	на рік
1. ФОП	розрахунки	1	100	300	1200
2. Амортизаційні відрахування	табл. 5.5	0,025	2,5	7,5	30
3. Оренда	табл. 5.6	0,1	10	30	120

Продовження таблиці 5.8

4. Витрати на комунальні послуги	табл. 5.7	0,3	3	9	36
всього:		0,425	115,5	346,5	1 386

Таблиця 5.9 - Обґрунтування собівартості товару (послуги), грн. [27]

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, тис.грн			
		на одиницю	на місяць	на квар-тал	на рік
1. Умовно-змінні витрати	відсутні	0	0	0	0
2. Умовно-постійні (накладні) витрати	табл.5.8	0,425	115,5	346,5	1 386
3. Собівартість	стр.1+стр.2	0,425	115,5	346,5	1 386

Таблиця 5.10 - Обґрунтування рівня рентабельності товару (послуги) [27]

Статті витрат	Джерело даних	Од. вимір.	Значення показників.
1. Собівартість одиниці продукції	табл. 5.9	грн.	1386
Обсяг виробництва в рік	Прогноз		1200
2. Необхідний прибуток	пп.2,1+2,2+2,3+2,4+ 2,5+ 2,6+2,7	грн.	2 465 263
2.1. Кредитні засоби та їх обслуговування	Кредитна угода	грн.	0
2.2. Засоби ФРВ	Колективна угода	грн.	1 000 000
2.3. Засоби ФСР	Колективна угода	грн.	500 000
2.4. Засоби ПФ	Колективна угода	грн.	200 000
2.5. Грошові виплати власникам підприємства	Колективна угода	грн.	300 000

Продовження таблиці 5.10

2.6. Фінансовий резерв	Колективна угода	грн.	105 263
2.7. Податок на прибуток	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5)*0.18$	грн.	360 000
3. Необхідний рівень рентабельності продукції	$\text{п.2} / \text{п.1} * 100\%$	%	166

Відносно норми рентабельності та собівартості одиниці продукту розраховується «нормальний» питомий прибуток, який в сумі з собівартістю дає вартість виробництва одиниці продукції за формулою вказаною в таблиці 12[27].

Відпускна ціна товару являється сумою вартість виробництва одиниці продукції та ПДВ відносно цієї суми.

Таблиця 5.11 - Обґрунтування вартості та ціни [27]

Статті витрат	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Значення показників
1. Собівартість одиниці товару (послуги)	табл. 5.9	грн.	1 185
2. Норма рентабельності	табл. 5.10	%	166
3. «Нормальний» питомий прибуток	$\text{п.1} * \text{п.2} / 100\%$	грн.	1 967,1
4. Вартість виробництва одиниці продукції	$\text{п.1} + \text{п.3}$	грн.	3 152,1
5. ПДВ	$\text{п.4} * 0,2$	грн.	630,4
6. Відпускна ціна товару (послуги)	$\text{п.4} + \text{п.5}$	грн.	3782,5

Цільовою групою на початковому етапі розвитку проекту є Житлові Комплекси та сучасні будинки.

Таблиця 5.12 - Вибір цільових груп потенційних споживачів [27]

№ п/п	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Новобудови, сучасні будинки, а також нові житлові комплекси	За останні роки сфера обслуговування житлових комплексів набуває великої популярності так як альтернативних компаній або додатків немає	Запропонований вид мобільного додатку для ринку України є новим, навіть якщо з'явиться конкурент, їм потрібно буде велика рекламна компанія	Проект має низький рівень конкуренції, але можуть виникнути складнощі з впровадженням його у наявну нормативну базу України, та домовленість з ЖК

Таблиця 5.13 - Визначення базової стратегії розвитку [28]

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентні позиції відповідно до обраної стратегії	Базова стратегія розвитку*
<i>Ринкові можливості посилення ідеї стартап-проекту</i>	<i>Диференційований маркетинг</i>	<i>Зниження ціни на продукт, підвищення швидкості розробки моделей</i>	<i>Стратегія диференціації</i>

Таблиця 5.14 - Структура бізнес моделі обладнання (технології) [27]

Ключові партнери	Ключові види діяльності	Цінність пропозиції:	Взаємовідносини з клієнтами	Споживчі сегменти
1. КиївМіськБуд 2. Уряд України 3. ІнєргалБуд 4. Smart Development	1. Розробка мобільних додатків; 2. Сфера обслуговування.	Заощадження особистого часу, та зручність надання послуг	1. Пряма взаємодія з замовником послуг;	<ul style="list-style-type: none"> • ОСББ • ЖК • Громадські будівлі

Продовження таблиці 5.14

	Ключові ресурси 1. Комп'ютерне обладнання; 2. Інтелектуальна власність; 3. Фінансові ресурси 4. Людські ресурси		Канали збуту 1. Безпосередньо замовник послуг; 2. ЖК 3. ЖЕК 4. ОСББ	
Структура собівартості 1. Витрати разові (капітальні): 420 тис. грн 2. Витрати постійні: 118,5 тис.грн/міс 3. Витрати змінні: 0 грн			Потоки надходження доходу 1. Плата за розробку моделей і розрахунок необхідної ставки	

Висновки до розділу

1. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту показав, що даний продукт вразливий до таких загроз як слабка купівельна спроможність компаній та посилена конкуренція, проте цим загрозам можна протистояти якщо знизити ціну на продукт.

2. Дослідження дозволило визначити, що найбільший попит серед всіх цільових груп матимуть новобудови, житлові комплекси, ЖЕК та ОСББ .

3. Огляд довів, що бар'єром для впровадження стартап-проекту буде відсутність зацікавлення у керівництва компаній.

4. Аналіз підтвердив, що підтримка проекту в режимі он-лайн і регулярне оновлення програмного продукту дає можливість бути комерційно привабливим цьому проекту для інвесторів і компаній забудовників.

Всі основні економічні показники занесемо в табл. 5.15

Таблиця 5.15 – Основні економічні показники

Статті витрат	Величина, грн.
Загальні капіталовкладення	744 500
Загальновиробничі витрати	33 000
Умовно-постійні витрати	1386

Продовження таблиці 5.15

Собівартість товару (послуги)	1386
Собівартість одиниці товару (послуги)	1185
Відпускна ціна товару (послуги)	3782,5
Необхідний прибуток	2 465 263

ВИСНОВКИ

1. В першому розділі ми розглянули вхідні дані гуртожитку № 22. Провели аналіз енергоспоживання за останні три роки, на основі даних отриманих з центру енергоменеджерів КПП у натуральній та грошовій формі. На рисунку 1.2 можемо побачити що основну частину енергоспоживання займає теплова енергія, це говорить про те що перш за все потрібно модернізувати систему теплопостачання.

2. Під час проведення обстеження будівлі були визначені основні проблемні місця гуртожитку та шляхи їх вирішення. До запропонованих заходів з енергозбереження будівля мала клас енергоефективності «Е» що не відповідало вимогам згідно ДБН В.2.6-31. Після запропонованих заходів з енергозбереження, а саме: заміна вікон, утеплення будинку, даху, підлоги, модернізація ІТП, заміна вхідних дверей ми отримали клас енергоефективності «В» що відповідає вимогам енергоефективності згідно з ДБН В.2.6-31.

У розділі проведений аналіз впливу ринкових змін на гуртожиток №22. Розглянута структура постачання електричної енергії кінцевому споживачу. На сьогоднішній день в Україні за постачання і за розподіл електричної енергії відповідають різні компанії: постачальник електричної енергії і оператор системи розподілу. Для гуртожитку №22 оператором системи розподілу виступає ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі». Також при відсутності бажання працювати з вищезазначеним ОСР об'єкт може укласти договір з постачальником «останньої надії», яким було визначено ДПЗД «Укрінтеренерго».

На об'єкті проведений огляд систем зовнішнього і внутрішнього електропостачання. Живлення будинку забезпечується від однієї трансформаторної підстанції ТП №640. Стан внутрішньої мережі електросистеми перебуває у задовільному стані.

Також було проведено опис роботи сонячної станції, попередньо спроектованій в магістерській дисертації, була наведена принципова схема сонячної станції, а також описано підключення до загальної електромережі.

3. В науково-дослідному інжинірингу ми за допомогою програмного середовища PV Sol 2020 Premium спроектували сонячну станцію на даху гуртожитка №22 КПІ ім. Ігоря Сікорського. Також було побудовано 3-D модель та розрахували річну генерацію сонячних батарей.

Для виконання дослідження ми обрали панелі з кутом нахилу 15 градусів та відстанню між рядами в 1 метр. Це варіант з найкращою річною генерацією сонячного світла і простий термін окупності склав 17 років що для даного заходу є допустимим. Річна економія від впровадження даного заходу буде складати близько 25%.

Наступним кроком було за допомогою програмного середовища TSol 2018 спроектували сонячну геліосистему для ГВП на даху гуртожитка №22 КПІ ім Ігоря Сікорського.

Для проектування ми взяли 2 види сонячних колекторів – плоскі та вакуумні і порівняли їх. Всі колектори розташовувалися на даху гуртожитка, на спеціально побудованому каркасі під кутом 30 градусів, з орієнтацією на південь.

Простий термін окупності склав всього 8,5 років, що при необхідному інвестуванні є допустимим, а у зв'язку нестабільною ситуацією в країні та постійне підвищення тарифів на теплову енергією термін окупності може бути ще меншим. Річна економія від впровадженого заходу буде складати близько 75%.

4. В розділі енергоменеджмент та енергомоніторинг було розглянуто запровадження системи автоматичного аналізу даних на території гуртожитку №22.

5. Розробка стартап проекту показав, що даний продукт вразливий до таких загроз як слабка купівельна спроможність компаній та посилена конкуренція, проте цим загрозам можна протистояти якщо знизити ціну на продукт.

Дослідження дозволило визначити, що найбільший попит серед всіх цільових груп матимуть новобудови, житлові комплекси, ЖЕК та ОСББ .

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергетичні системи та комплекси. Системи виробництва та розподілу енергії: Визначення теплового навантаження будівель та вибір системи теплопостачання: навчальний посібник для студентів напрямів підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології", 6.050601 "Теплоенергетика" / В.В.Дубровська, В.І Шкляр. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 112 с.
2. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010. – [Чинні від 2011-11-01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).
3. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2016 (на заміну ДБН В.2.6-31:2006 (зі змінами від 1 липня 2013 р.)). – [Чинні від 2017–05–01] // Мінрегіон України. – К.: Укрархбудінформ, 2017. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).
4. ДСТУ Б EN 15251:2011 «Мікроклімат»
5. Тарифи на теплову енергію для юридичних осіб [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://kyivenergo.ua/te-company/teplova_energiya.
6. Тарифи на електричну енергію [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kyivenergo.ua/dtek_kem_home/tarifi_home.
7. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту: ДСТУ ISO 50001:2014. – [Чинний від 2015–01–01] // Мінекономрозвитку України. – К.: Держспоживстандарт України, 2014. – 42 с. – (Державний стандарт України).
8. ДСТУ Б В.2.6-189-2013. Методи вибору теплоізоляцій.
9. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель
10. Сонячна енергетика: сучасний стан та перспективи. Режим доступу: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u193/dzumenko_tezu.pdf

11. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні.

12. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні ДСТУ Б А.2.2- 12:2015 – [Чинний від 2016-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2015. – 140 с. – (Національний стандарт України).

13. Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В 2.6-31:2016.

14. Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплових потоків та поверхневих температур. Частина 1. Загальні методи: ДСТУ ISO 10211-1:2005. (ISO 10211-1:1995, IDT) – [Чинний від 2009-01-01]. – К.: Держбуд України, 2008. – 38 с. – (Національний стандарт України).

15. Оцінка ресурсного потенціалу сонячної електроенергетики у Одеській області // Басок Б.І., Веремійчук Ю.А. – К.: «KIM».- 2019. -250 с. ISBN 978-617-628-081-1

16. Оператор ринку/Енергія рівноваги. Режим доступу: <https://www.oree.com.ua/>

17. Сонячна енергетика UTEM Solar. Режим доступу: https://utem.org.ua/cats/solnechnye_batarei

18. Альтернативні джерела енергії. Режим доступу: <https://solar-tech.com.ua/ua/solar-power-system/solar-collectors/>

19. Альтернативні технології ALTEK. Режим доступу: <https://altek.ua/ru/geliosistemy/vsesezonnnye-geliosistemy/>

20. ATMOSFERA Технологія природи. Режим доступу: <https://www.atmosfera.ua/uk/produkcija-3/kristalichni-fotomoduli/>

21. Правильне електроспоживання. Режим доступу: <https://elektro.in.ua/101-chto-takoe-mppt-treker-zachem-on-nuzhen>

22. Стартап-проект. Рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації «Розроблення стартап-проекту» [Електронний ресурс] : навчальний

посібник для студентів спеціальностей: 101 «Екологія», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплотехніка», спеціалізацій: «Інженерна екологія та ресурсозбереження», «Інжиніринг електротехнічних комплексів», «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв», «Системи електропостачання», «Енергетичний менеджмент та енергоефективність» «Енергетичний менеджмент та інжиніринг» / П. В. Круш, Н. А. Шевчук, О. І. Андрусь ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні тестові дані (1 файл: 127 КБ). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 50 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27914>.

23. Startup-project: Recommendations for the elaboration of the Master's thesis section «Startup Project Elaboration» [Electronic resource] : teach. edition for studio specialties 101 «Ecology», 141 «Power, electrical engineering and electromechanics», 144 «Thermal engineering» specializations «Engineering Ecology and Resource saving», «Engineering of Automated Electrotechnical Complexes», «Electromechanical and Mechatronic Systems of Power-intensive Industries», «Power Supply Systems», «Energy Management and Energy Efficiency», «Energy Management and Engineering» / P. Krush, N. Shevchuk, O. Andrus ; Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. – Electronic test data (1 file: 109 Kb). – Kyiv : Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2019. – 50 p. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27938>.

24. Шевчук Н.А. Розробка та впровадження стартап проекту на прикладі геосинтетичного модуля-опалубки / Шевчук Н.А., Вапнічна В.В. // Сучасні проблеми економіки і підприємництво [Текст]: Збірник наукових праць. – Вип. 23. – К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2019 С.32-40. [file:///C:/Users/user/Downloads/165788-384771-1-PB%20\(6\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/165788-384771-1-PB%20(6).pdf)

25. Шевчук Н.А., Зайченко С.В., Кривда О.В. Впровадження та реалізація стартап проекту геомехатронного комплексу Сучасні проблеми економіки і підприємництво [Текст]: Збірник наукових праць. – Вип. 21. – К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2018 С. 94-101. <http://sb-keip.kpi.ua/article/viewFile/130546/132655>

26. Шевчук Н.А. Впровадження та реалізація стартапів в гірництві / Шевчук Н.А. / Міжнародна науково-технічна конференція, присвячена 120 – річчю КПІ «ПРОБЛЕМИ ГЕОІНЖЕНЕРІЇ ТА ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІСТИКИ», м. Київ, 17-18 травня 2018 р.– К.: НТУУ «КПІ», 2018. – С. 89-90.

27. Шевчук Н.А. Економіка і організація виробництва: Рекомендації до виконання розрахункової роботи:[Електронний ресурс]: навч. посібник для студ. спеціальностей: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціалізацій: «Інжиніринг електротехнічних комплексів», «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв»/ Н.А. Шевчук, С.О. Тульчинська/КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.–60 с.

28. Про альтернативні джерела енергії. Закон України від 20.02.2003. № 555- IV.URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15>

29. Загрози розвитку ВДЕ в рамках поточної моделі підтримки та пропозиції щодо їх усунення. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245343726>

30. Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review. John W. Lund and Tonya L. Boyd Geo-Heat Center, Oregon Institute of Technology, Klamath Falls, OR 97601, USA, retired